

Дудик М.В.

Діхтяренко Ю.В.

ІСТОРІЯ ФІЗИКИ

Навчальний посібник

для студентів вищих навчальних закладів

фізико-математичних спеціальностей

Умань 2015

УДК 53 (091) (075.3)

ББК 22.3. г.я.73

I75

Рецензенти:

Краснобокий Ю.М., кандидат фізико-математичних наук, доцент

Побережець І.І., кандидат фізико-математичних наук, доцент

*Рекомендовано до друку Вченою радою фізико-математичного факультету
Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини
(протокол № 5 від 18.12.2014 р.)*

Укладачі: Дудик М.В., Діхтяренко Ю.В.

I75 Історія фізики (курс лекцій): навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів фізико-математичних спеціальностей. – Умань: ПП «Жовтий», 2015. – 192 с.

© Дудик М.В., Діхтяренко Ю.В.

© СПД Жовтий, 2015

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
Пояснювальна записка.....	6
Структура навчальної дисципліни.....	6
Плани семінарських занять	6
Теми індивідуального навчального дослідження	9
Методи і критерії оцінювання	10
Розподіл балів, які отримують студенти.....	11
Шкала оцінювання: національна та ЄКТС	11
Рекомендована література	12
МОДУЛЬ 1. ВИНИКНЕННЯ ФІЗИКИ	13
Розділ 1. Передісторія фізики	13
1.1. Зародження природознавства	13
1.2. Початковий період античної науки	14
1.2.1. Іонійська антична школа	14
1.2.2. Піфагорійська та елейська школи	16
1.3. Атомістичні погляди античної науки.....	19
1.3.1. Атомізм Анаксагора і Емпедокла.....	19
1.3.2. Атомістичні погляди Демокріта	20
1.3.3. Атомізм пізнього античного періоду	22
1.4. Фізичні погляди Аристотеля.....	23
1.5. Еллінська епоха в історії науки	24
1.5.1. Олександрійська школа	24
1.5.2. Архімед.....	26
1.5.3. Олександрійські механіки	27
1.6. Фізика епохи середньовіччя.....	29
1.6.1. Загальна характеристика епохи середньовіччя.....	29
1.6.2. Досягнення науки Сходу в епоху середньовіччя.....	31
1.6.3. Європейська середньовічна наука	33
1.7. Наука в епоху Відродження	35
1.8. Наукова революція Миколая Коперника.....	37
Розділ 2. Становлення фізичної науки	40
2.1. Початок наукової діяльності Галілея	40
2.2. Астрономічні відкриття Галілея	41
2.3. Боротьба Галілея за новий світогляд.....	43
2.4. Фізичні погляди Галілея	45
2.5. Основи світогляду Галілея	47
2.6. Роботи І.Кеплера з оптики і небесної механіки.....	48
2.7. Необхідність нової методології і нової організації науки. Метод Фр. Бекона.....	50
2.8. Метод Декарта. Фізичні погляди Декарта.	52
2.9. Виникнення експериментальних методів	54
2.9.1. Досягнення механіки у 17 ст.....	54
2.9.2. Відкриття атмосферного тиску	56
2.9.3. Гідростатика і гідродинаміка у 17 ст.	58
2.9.4. Дослідження теплоти в XVII ст.	59
2.9.5. Оптика в XVII ст.	61
2.9.6. Дослідження електрики і магнетизму в XVII ст.	67
МОДУЛЬ 2. ПЕРІОД КЛАСИЧНОЇ ФІЗИКИ.....	69
Розділ 3. Розвиток класичної фізики.....	69
3.1. Життя і наукова діяльність Ньютона	69

3.2. Основи механіки в «Математичних началах натуральної філософії» Ньютона.....	73
3.3. Створення аналітичної механіки	75
3.4. Молекулярна фізика і теплота у 18 ст.....	79
3.5. Оптика у 18 ст.....	82
3.6. Дослідження з електростатики у 18 ст.....	84
3.7. Зародження електродинаміки у роботах Гальвані і Вольты.....	87
Розділ 4. Розвиток класичної фізики у 19 ст.	92
4.1. Розвиток механіки у 19 ст.	92
4.2. Розвиток оптики у 19 ст.....	93
4.3. Зародження термодинаміки. Встановлення закону збереження і перетворення енергії.	99
4.4. Відкриття 2-го начала термодинаміки і становлення статистичної фізики.....	103
4.5. Відкриття електромагнетизму	105
4.6. Відкриття електромагнітної індукції	109
4.7. Створення теорії електромагнітного поля.....	110
4.8. Відкриття і дослідження електромагнітних хвиль	112
МОДУЛЬ 3. ПЕРІОД СУЧАСНОЇ ФІЗИКИ	115
Розділ 5. Криза класичної фізики. Становлення сучасної фізики.....	115
5.1. Відкриття електрона	115
5.2. Створення класичної електронної теорії	117
5.3. Виникнення гіпотези квантів	118
5.4. Виникнення атомної і ядерної фізики.....	121
5.5. Створення теорії відносності	125
Розділ 6. Період сучасної фізики.....	128
6.1. Створення квантової механіки.....	128
6.2. Розвиток ядерної фізики у 20 ст.	132
6.3. Зародження ядерної енергетики	137
6.4. Відкриття у фізиці елементарних частинок	139
МОДУЛЬ 4. ІСТОРИЗМ У НАВЧАННІ ФІЗИКИ.....	144
Розділ 7. Історія розвитку фізики в Україні	144
7.1. Огляд історії фізичних досліджень в Україні до початку XX ст.	144
7.2. Розвиток фізичної науки в Україні у XX ст.	147
7.3. Внесок українських зарубіжних вчених у фізику.....	150
7.4. Внесок радянських фізиків українського походження у фізичну науку..	153
7.5. Вклад українських вчених у розвиток космонавтики	155
Розділ 8. Історизм у змісті шкільного курсу фізики.....	167
8.1. Роль історизму у навчанні фізики	167
8.2. Шляхи використання історизму в навчанні фізиці.....	171
8.3. Національно-патріотичне виховання на уроках фізики.....	174
8.3.1. Національно-патріотичне виховання на уроках фізики у 7 класі	174
8.3.2. Національно-патріотичне виховання учнів на уроках фізики у 8 класі	177
8.3.3. Національно-патріотичне виховання учнів на уроках фізики у старших класах	179
Питання модульного контролю	182
Питання до заліку з історії фізики.....	189

ПЕРЕДМОВА

Історія фізики вивчає історичний процес виникнення й розвитку фізичної науки, розкриває діалектику розвитку пізнання людиною фізичних законів, вивчає рушійні сили і закономірності розвитку фізичної науки.

Курс історії фізики розглядає основні етапи розвитку фізичної науки, починаючи з античної натурфілософії і завершуючи сучасною фізикою. В навчальному плані вивчення історії фізики доцільно здійснювати після вивчення курсів загальної та теоретичної фізики. В цьому випадку студенти підходять до курсу історії фізики з необхідними знаннями з фізики.

Викладаючи історію фізики, потрібно пов'язувати її з історією суспільства, оскільки історія науки і культури є не лише елементом історії людства, але й в розвитку людської, цивілізації досягнення науки і техніки відігравали суттєву роль. З іншого боку, розвиток науки і техніки, в тому числі і фізики, стимулювався потребами суспільного виробництва. Крім того, вчені, що творили науку, були людьми свого часу, і на їх діяльність впливало тогочасне суспільне оточення. Все це необхідно враховувати при викладанні історії фізики студентам фізико-математичного факультету. Розкриваючи історію найважливіших фізичних відкриттів потрібно показувати також боротьбу ідей, пов'язаних з ними, діалектику розвитку фізичної науки. Важливо також, в курсі історії фізики показувати вклад українських вчених у розвиток цієї науки.

Даний посібник призначений для самостійної роботи студентів фізико-математичних спеціальностей педагогічних університетів. Посібник розроблено відповідно до вимог кредитно-модульної системи навчання і базується на багаторічному досвіді викладання дисципліни «Історія фізики» на фізико-математичному факультеті Уманського державного педагогічного університету. Він складений відповідно до діючого державного стандарту спеціальності 7.04020301 Фізика (за напрямками)* і узгоджений з навчальною програмою курсу історії фізики.

Посібник містить загальну інформацію про зміст курсу історії фізики, вимоги до знань і вмінь, які мають набути студенти по завершенню вивчення курсу, відомості про структуру залікового кредиту, теми навчально-дослідних завдань тощо.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета курсу: формування чітких уявлень про основні етапи розвитку, надання конкретних знань з історії фізики, які необхідні для реалізації історизму як дидактичного прийому у викладанні шкільного курсу фізики.

Студенти повинні:

знати: періодизацію розвитку фізичної науки; основні досягнення різних історичних епох в галузі фізики; історію найважливіших фізичних відкриттів; боротьбу ідей у фізичній науці; вклад у фізику найвидатніших вчених, в тому числі фізиків України;

вміти: використовувати набуті знання з історії фізики при викладанні шкільного курсу фізики.

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Виникнення фізики

Тема 1. Зародження фізики

Тема 2. Становлення фізичної науки

Змістовий модуль 2. Період класичної фізики

Тема 3. Розвиток основних напрямків класичної фізики у XVIII ст.

Тема 4. Розвиток класичної фізики у XIX ст.

Змістовий модуль 3. Період сучасної фізики

Тема 5. Наукова революція кінця XIX – початку XX ст.

Тема 6. Найважливіші напрямки і відкриття сучасної фізики

Змістовий модуль 4. Дидактичний принцип історизму у навчанні фізики

Тема 7. Історія розвитку фізики в Україні

Тема 8. Історичний матеріал у навчанні фізики

ПЛАНІ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ З ІСТОРІЇ ФІЗИКИ

ЗАНЯТТЯ 1. ПЕРЕДІСТОРІЯ ФІЗИКИ	
1.	Зародження природознавства у доісторичні часи
2.	Іонійська антична школа
3.	Атомістичні погляди античної науки
4.	Фізичні погляди Арістотеля
5.	Фізичні дослідження Архімеда
6.	Олександрійська антична школа
7.	Парадокси Зенона
8.	Астрономічні погляди античної науки
9.	Розвиток європейської науки в епоху Середньовіччя
10.	Розвиток науки Сходу в епоху Середньовіччя
11.	Епоха Відродження і її значення в розвитку природознавства. Наукова діяльність Леонардо да Вінчі
12.	Роджер Бекон і його вклад у розвиток природознавства

ЗАНЯТТЯ 2. ФОРМУВАННЯ КЛАСИЧНОЇ ФІЗИКИ	
1.	Наукова революція Миколая Коперника
2.	Астрономічні і оптичні роботи Кеплера
3.	Френсіс Бекон і його науковий метод
4.	Рене Декарт, його науковий метод і фізичні погляди
5.	Життєвий шлях Галілео Галілея
6.	Наукова діяльність Галілео Галілея
7.	Гідростатика і гідродинаміка у 17 ст.
8.	Дослідження атмосферного тиску в 17 ст.
9.	Дослідження теплоти у 17 ст.
10.	Роботи з магнетизму і електрики в 17 ст.
11.	Розвиток оптики у 17 ст.
ЗАНЯТТЯ 3. КЛАСИЧНА ФІЗИКА У 18 СТ.	
1.	Життєвий шлях І.Ньютона
2.	Оптичні дослідження Ньютона
3.	Побудова Ньютоном класичної механіки
4.	Відкриття закону тяжіння
5.	Розвиток аналітичної механіки у 18 ст. Відкриття принципу найменшої дії
6.	Винаходи парових машин у 18 ст.
7.	Вчення про теплоту у 18 ст.
8.	Фізичні погляди М.Ломоносова
9.	Дослідження з електрики у 1-й половині 18 ст. Роботи Б.Франкліна
10.	Оптичні дослідження у 18 ст. Зародження фотометрії
11.	Космогонічні теорії Лапласа і Канта
12.	Дослідження Гальвані і Вольта з електрики у 2-й половині 18 ст.
ЗАНЯТТЯ 4. КЛАСИЧНА ФІЗИКА У 19 СТ.	
1.	Реорганізація науки у Франції. Введення метричної системи мір.
2.	Дослідження електричного струму (Ом, Кірхгоф)
3.	Електротехніка у 19 ст. Винаходи В.Петрова.
4.	Теорія тепла у 1-й половині 19 ст.
5.	Створення хвильової оптики
6.	Відкриття електромагнетизму (Ерстед, Ампер та інші)
7.	Наукова діяльність М.Фарадея
8.	Відкриття закону збереження енергії
9.	Відкриття 1-го начала термодинаміки
10.	Становлення термодинаміки. 2-ге начало термодинаміки
11.	Оптика в 2-й половині 19 ст.
12.	Атомістика в 19 ст. Кінетична теорія газів.
ЗАНЯТТЯ 5. СТАНОВЛЕННЯ СУЧАСНОЇ ФІЗИКИ	
1.	Створення теорії електромагнітного поля
2.	Відкриття і дослідження електромагнітних хвиль
3.	Відкриття електрона
4.	Створення класичної електронної теорії
5.	Відкриття і дослідження рентгенівських променів та радіоактивності
6.	Наукова діяльність Резерфорда

7.	Дослідження броунівського руху
8.	Виникнення теорії квантів
9.	Створення спеціальної і загальної теорії відносності
10.	Життя і наукова діяльність А.Ейнштейна
11.	Відкриття і дослідження надпровідності
ЗАНЯТТЯ 6. ПЕРІОД СУЧАСНОЇ ФІЗИКИ	
1.	Створення квантової механіки
2.	Життя і наукова діяльність Н.Бора
3.	Дослідження з ядерної фізики у XX ст.
4.	Дослідження з фізики елементарних частинок у 1-й половині 20 ст.
5.	Історія розвитку прискорювачів елементарних частинок
6.	Виникнення ядерної енергетики
7.	Відкриття у фізиці елементарних частинок у 2-й половині 20 ст.
8.	Фізика низьких температур у 20 ст.
9.	Досягнення в 20 ст. з астрофізики
10.	Дослідження у фізиці твердого тіла
11.	Історія створення оптичних квантових генераторів
12.	Створення і розвиток квантової теорії поля
ЗАНЯТТЯ 7. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ФІЗИКИ В УКРАЇНІ	
1.	Природознавство в Києво-Могилянській академії в 17-18 ст.
2.	Київська фізична школа Авенаріуса і її роль у вивченні критичного стану речовини
3.	Фізичні дослідження І.Пулюя
4.	Становлення фізики в Україні в 1-й половині 20 ст.
5.	Українські фізичні школи
6.	Наукова діяльність відомих радянських вчених в період їх проживання в Україні
7.	Внесок зарубіжних вчених українського походження у світову науку
8.	Дослідження в Україні в галузі фізики атомного ядра, теоретичної фізики і фізики плазми
9.	Дослідження в Україні в галузі фізики твердого тіла, фізики напівпровідників і магнетизму
10.	Дослідження в Україні в галузі фізики низьких температур і рідкого стану
11.	Дослідження в Україні в галузі радіофізики, оптики і електроніки
12.	Вклад українських вчених в дослідження космосу
ЗАНЯТТЯ 8. ІСТОРІЯ ФІЗИКИ В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ	
1.	Дидактичний принцип історизму у викладанні фізики
2.	Історичний матеріал у вивченні фізики 7 класу
3.	Історичний матеріал у вивченні теплоти у 8 класі
4.	Історичний матеріал у вивченні електрики у 8 класі
5.	Історичний матеріал у вивченні кінематики і динаміки в 9 класі
6.	Історичний матеріал у вивченні законів збереження в 9 класі
7.	Історичний матеріал у вивченні молекулярної фізики в 10 класі
8.	Історичний матеріал у вивченні термодинаміки в 10 класі
9.	Історичний матеріал у вивченні електрики в 10 класі

10.	Історичний матеріал у вивченні електродинаміки в 11 класі
11.	Історичний матеріал у вивченні оптики і теорії відносності в 11 класі
12.	Історичний матеріал у вивченні квантової фізики в 11 класі

ІНДИВІДУАЛЬНЕ НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ
(Розробка презентації PowerPoint, публікації та Інтернет-сторінки засобами MS Publisher на задані теми з історії фізики)

Теми ІНД:

1. Зародження природознавства у доісторичні часи
2. Іонійська (еллінська) антична школа
3. Атомістичні погляди античної науки
4. Життєвий шлях та наукові досягнення Аристотеля
5. Олександрійська антична школа
6. Життєвий шлях та наукові досягнення Архімеда
7. Апорії Зенона
8. Астрономічні погляди античної науки
9. Розвиток науки Сходу в епоху Середньовіччя
10. Розвиток європейської науки в епоху Середньовіччя
11. Епоха Відродження і її значення в розвитку природознавства
12. Наукова діяльність Леонардо да Вінчі
13. Роджер Бекон і його вклад у розвиток природознавства
14. Наукова революція Миколая Коперника
15. Життєвий шлях та наукові досягнення Кеплера
16. Френсіс Бекон і його науковий метод
17. Життєвий шлях та наукові досягнення Рене Декарта
18. Життєвий шлях та наукова діяльність Галілео Галілея
19. Гідростатика і гідродинаміка у 17 ст.
20. Дослідження атмосферного тиску в 17 ст.
21. Дослідження теплоти у 17 ст.
22. Роботи з магнетизму і електрики в 17 ст.
23. Розвиток оптики у 17 ст.
24. Життєвий шлях та наукові досягнення І.Ньютона
25. Розвиток аналітичної механіки у 18 ст. Відкриття принципу найменшої дії
26. Винаходи парових машин у 18 ст.
27. Вчення про теплоту у 18 ст.
28. Життєвий шлях та фізичні погляди М.Ломоносова
29. Дослідження з електрики у 1-й половині 18 ст. Роботи Б.Франкліна
30. Оптичні дослідження у 18 ст. Зародження фотометрії
31. Дослідження Гальвані і Вольта з електрики у 2-й половині 18 ст.
32. Дослідження електричного струму Ома і Кірхгофа
33. Електротехніка у 19 ст. Винаходи В.Петрова.
34. Теорія тепла у 1-й половині 19 ст.
35. Створення хвильової оптики
36. Відкриття електромагнетизму (Ерстед, Ампер та інші)
37. Життєвий шлях та наукова діяльність М.Фарадея
38. Відкриття закону збереження енергії і 1-го начала термодинаміки

39. Становлення термодинаміки. 2-ге начало термодинаміки
40. Оптика в 2-й половині 19 ст.
41. Атомістика в 19 ст. Кінетична теорія газів.
42. Створення теорії електромагнітного поля
43. Відкриття і дослідження електромагнітних хвиль
44. Відкриття електрона
45. Створення класичної електронної теорії
46. Відкриття і дослідження рентгенівських променів та радіоактивності
47. Життєвий шлях та наукова діяльність Е.Резерфорда
48. Дослідження броунівського руху
49. Виникнення теорії квантів
50. Створення спеціальної і загальної теорії відносності
51. Життя і наукова діяльність А.Ейнштейна
52. Відкриття і дослідження надпровідності
53. Створення квантової механіки
54. Життя і наукова діяльність Н.Бора
55. Дослідження з ядерної фізики у XX ст.
56. Дослідження з фізики елементарних частинок у 1-й половині 20 ст.
57. Історія розвитку прискорювачів елементарних частинок
58. Виникнення ядерної енергетики
59. Відкриття у фізиці елементарних частинок у 2-й половині 20 ст.
60. Фізика низьких температур у 20 ст.
61. Досягнення в 20 ст. з астрофізики
62. Дослідження у фізиці твердого тіла
63. Історія створення оптичних квантових генераторів
64. Створення і розвиток квантової теорії поля
65. Природознавство в Києво-Могилянській академії в 17-18 ст.
66. Київська фізична школа Авенаріуса і її роль у вивченні критичного стану речовини
67. Фізичні дослідження І.Пулюя
68. Становлення фізики в Україні в 1-й половині 20 ст.
69. Українські фізичні школи
70. Наукова діяльність відомих радянських вчених в період їх проживання в Україні
71. Внесок зарубіжних вчених українського походження у світову науку
72. Дослідження в Україні в галузі фізики атомного ядра, теоретичної фізики і фізики плазми
73. Дослідження в Україні в галузі фізики твердого тіла, фізики напівпровідників і магнетизму
74. Дослідження в Україні в галузі фізики низьких температур і рідкого стану
75. Дослідження в Україні в галузі радіофізики, оптики і електроніки
- Вклад українських вчених в дослідження космосу

МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ: поточне опитування; модульний тестовий контроль; оцінка за навчальний проект; підсумковий контроль.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Модульний контроль (МК) здійснюється у вигляді аудиторних письмових робіт з кожного модулю, кожна з яких передбачає відповіді на 10 коротких теоретичних питань. Вірна відповідь на питання оцінюється у 1 бал, неточна або неповна відповідь – 0,5 бала, невірна відповідь – 0 балів. Оцінка за кожну роботу дорівнює сумі набраних балів.

Індивідуальне навчально-дослідне завдання (ІНДЗ) полягає у виконанні індивідуального навчального дослідження та підготовки до семінарських занять.

Індивідуальне навчальне дослідження виконується за запропонованими вище темами і стосується окремих питань історії фізики, які не ввійшли до лекційного курсу дисципліни. Результати дослідження подаються студентом у формі презентації PowerPoint і оцінюються за 10-бальною шкалою, яка враховує науковість, повноту розкриття теми, логічність і послідовність викладення матеріалу, якість оформлення.

Оцінка з ІНДЗ складається з суми балів, набраних за кожне семінарське заняття (4 б.) та за індивідуальне навчальне дослідження (10 б.).

Підсумковий контроль полягає у виконанні аудиторної письмової роботи у формі контрольної роботи, яка містить 10 теоретичних питань. Відповідь на кожне питання оцінюється у **1 бал**, якщо вона вірна і повна **0,5 бали** – якщо відповідь неповна, містить похибки; **0 балів** – якщо відповідь помилкова або відсутня.

РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ

Модуль 1				Модуль 2 (ІНДЗ)	ПК	Сума балів
T1-T2	T3-T4	T5-T6	T7-T8	50	10	100
10	10	10	10			

T1, T2 ... T8 – теми змістових модулів.

ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ: НАЦІОНАЛЬНА ТА ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90-100	відмінно	зараховано
82-89	добре	
75-81		
69-74	задовільно	
60-68		
35-59	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Кордун Г.Г. Історія фізики. Короткий курс. – К.: Вища школа, 1974. – 224 с.
2. Кудрявцев П.С. История физики.Т.1. – М.: Учпедгиз, 1956. – 562 с.
3. Кудрявцев П.С. История физики.Т.2. – М.: Учпедгиз, 1956. – 487 с.
4. Кудрявцев П.С. Курс истории физики. – М.: Просвещение, 1982. – 447 с.
5. Спасский Б.И. История физики. Ч. I М.: "Высшая школа", 1977. – 320 с.
6. Спасский Б.И. История физики. Ч. II М.: "Высшая школа", 1977. – 309 с.
7. Льюис М. История физики. М.: Мир, 1970. – 464 с.
8. Розенберг Ф. История физики. Ленинград: ОГТТ, 1934. – 889с.
9. Храмов Ю.А. Физики. Биографический справочник. – М.: Наука, 1983. – 400 с.
10. Храмов Ю.А. История формирования и развития физических школ на Украине. – К.: Фенікс, 1991. – 216 с.

Допоміжна

1. Кордун Г.Г. Радянські фізики. - К. : Вища школа, 1975. - 136 с.
2. Бакай О., Ранюк Ю. Історія фізичних досліджень в Україні // Український фізичний журнал. – 1993. – Т.38, №11. – С.1607.
3. Біланюк О. Внесок українських зарубіжних вчених у фізику // Український фізичний журнал. – 1994. – Т.39, №1. – С.123.

МОДУЛЬ 1. ВИНИКНЕННЯ ФІЗИКИ

Розділ 1. Передісторія фізики

1.1. Зародження природознавства

Період з найдавніших часів до початку XVII ст. – це передісторія фізики, період накопичення фізичних знань про окремі явища природи, виникнення окремих вчень. У відповідності з етапами розвитку суспільства в ньому виділяють епоху античності, середні віка та епоху Відродження.

Звернемося до періоду виникнення природознавства (III-II тис. до н.е.)

Вже первісна людина в боротьбі за своє існування набула певних природничо-наукових знань, зокрема, вона знала, що завдяки тертю утворюється теплота, що тіла падають на землю, що повітря має пружність. Але ці знання ще не були наукою.

Первіснообщинний період розвитку, який тривав тисячоріччя, є періодом становлення людини в процесі праці, виконуваної з допомогою знарядь. Протягом первіснообщинного періоду суспільство від присвоєння готових продуктів природи перейшло до дії на природу з ціллю збільшення її продуктивності в формі землеробства, а пізніше - до виробництва.

Розвиток знарядь праці первіснообщинного періоду пройшов шлях від простих знарядь до складених і складних. Виникли елементи машин: транспортної - колесо, технологічної – свердлильний станок, гончарний круг, ткацький станок, ручний зерновий млин. Освоєні найпростіші способи отримання тепла – запалювання вогню, спалювання палива. Освоєні простіші форми використання теплоти в побуті – обігрів, приготування їжі, і в виробництві – отримання металу, випал гончарних виробів, випалювання лісів під посіви і дерев'яних стволів для човнів. На цьому етапі були створені сонячні і водяні годинники. Виникли методи вимірювання ваги і лінійних розмірів тіл, появилися найпростіші ваги у вигляді рівноплечого коромисла з підвішеними чашками (важільні терези).

Накопичені знання і практичні навички передавались від покоління до покоління, утворюючи початковий фон майбутньої науки. По мірі розвитку суспільства і суспільної праці накопичувались передумови для створення стійкої цивілізації. В 4 тисячолітті до н.е. в долині Ніла і між річками Тигр і Євфрат виникли найдавніші рабовласницькі держави, які стали колыскою сучасної науки – Єгипет та Вавілонія. Суспільні потреби в цих державах привели до появи писемності: ієрогліфів у Єгипті та клинопису у Вавілонії, до виникнення астрономічних і математичних знань.

Збережені до наших днів великі піраміди Єгипту свідчать про те, що вже в III тисячоріччі до н. е. держава могла організовувати великі маси людей, вести облік матеріалів, робочої сили, затраченої праці. Для цієї мети необхідні були спеціальні люди, працівники розумової праці. Господарські записи в Єгипті вели переписувачі, яким належить заслуга фіксації наукових знань свого часу. Відомі пам'ятники II тисячоріччя: папірус Рінда, що зберігається в Британському музеї, і Московський папірус містять розв'язки різних задач, що зустрічаються у практиці, математичні обчислення,

обчислення площ і об'ємів. У Московському папірусі дана формула для обчислення об'єму усіченої піраміди. Площу кола єгиптяни обчислили, підносячи до квадрата вісім дев'ятих діаметра, що дає для π досить гарне наближене значення -3,16.

Визначення часу початку розливу Нілу вимагало ретельних астрономічних спостережень. Єгиптяни розробили календар, що складався із дванадцяти місяців по 30 днів і п'яти додаткових днів у році. Місяць був розділений на три десятиденки, доба - на двадцять чотири години.

Високого рівня досягли вавилонська математика і астрономія. Вавілонці знали теорему Піфагора, обчислювали квадрати і квадратні корені, куби і кубічні корені, уміли розв'язувати системи рівнянь і квадратні рівняння. Їм належить також поділ екліптики на дванадцять сузір'їв зодіаку.

Астрономія була першою із природничих наук, з якої почався розвиток природознавства. Вона виникла зі спостереження зміни дня й ночі, пір року і тому абсолютно необхідна для пастушачих і землеробських народів. Для розвитку астрономії потрібна була математика, а будівельна практика стимулювала розвиток механіки.

Безперечно, грандіозні спорудження древніх держав (храми, фортеці, піраміди, обеліски) вимагали, принаймні, емпіричних знань будівельної механіки і статички. При будівельних роботах знаходили застосування прості машини: важелі, катки, похилі площини. Таким чином, практичні потреби викликали до життя початки наукових знань: арифметики, геометрії, алгебри, астрономії, механіки й інших природних наук.

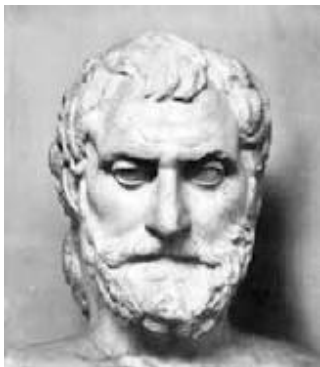
Цими короткими зауваженнями ми й обмежимося. Відзначимо на закінчення, що значення початкового періоду в історії науки й культури надзвичайно велике. Не випадково історики математики приділяють велику увагу єгипетській і вавилонській математиці. Тут зародилися початки математичних знань, і насамперед сформувалася фундаментальна ідея числа, і основні операції із числами. Тут були закладені основи геометрії. Тут людина вперше описала зоряне небо, рухи Сонця, Місяця й планет, навчилася спостерігати небесні світила і створила основи вимірювання часу, заклала основи алфавітного листа. Особливо велике було значення писемності – основи науки й культури.

1.2. Початковий період античної науки

1.2.1. Іонійська антична школа

Незважаючи на великі заслуги науки Древнього Сходу, справжньою батьківщиною сучасної науки стала Древня Греція. Саме тут виникла теоретична наука, яка виробляла наукові уявлення про світ, не обмежуючись лише збором практичних рецептів, саме тут розвивався науковий метод.

Виникнення грецької науки відносять до епохи розквіту міст в Малій Азії (7-6 ст. до н.е.). Іонійські міста Мілет і Єфес, острови Середземномор'я, грецькі колонії в південній Італії – така арена діяльності перших грецьких вчених.



Фалес з Мілета

Родоначальником грецької науки був Фалес з Мілета (624-547 рр. до н.е.), якого називали одним із семи мудреців стародавніх часів. Він був багатим купцем, робив подорожі, був в Єгипті, звідки, мабуть, і почерпнув знання з математики та астрономії. Від Фалеса беруть початок наші знання з електрики й магнетизму: він згадує про властивість натертого янтарю притягати легкі тіла і про властивість магніту притягати залізо. Фалес учив, що все суще не було таким, яким ми його бачимо тепер, а розвинулось з єдиної матерії – води. Ідея ця цілком зрозуміла, якщо згадати значення вологи для життя і зростання насіння. Важливо відзначити, що праматерія Фалеса, як і його послідовників, відзначається незнищуваністю, змінюються тільки її якості при перетвореннях.



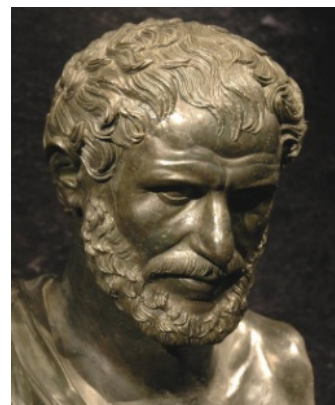
Анаксимандр

Наступником Фалеса був Анаксимандр (610-546 рр. до н.е.). Так само як і Фалес, Анаксимандр учив про єдність матеріального світу, вважаючи, проте, основою всього не воду, а первинну «невизначену матерію» – «апейрон». Із цієї невизначеної матерії виділилися початкові протилежності: тепло і холод, сухість і вологість. Ідея розвитку в Анаксимандра конкретизується: насамперед з вологого начала виділилася вода, в якій жили істоти, що мали спочатку рибоподібний вигляд. Поступовим висиханням утворився світ та нові форми живих істот, в тому числі і людина; «людина виникла з риби і вийшла з води на сушу».

Анаксимен (585-524 рр. до н.е.) учив, що початковою речовиною є повітря: «з нього виходить усе, в нього повертається назад усе». Для іонійців характерно, що вони не протиставляють духовного начала матеріальному: «подібно до того, як наша душа є повітрям, так і якийсь дух і повітря тримають весь світ. Дух і повітря рівнозначні. Фалес учив, що магніт має душу.

Такими є погляди іонійців. Як видно, всі вони вважають за єдине матеріальне начало воду, «апейрон», повітря, з якого розвинулось усе суще. Відзначимо, що, незважаючи на дуже ясну висловлену ідею розвитку (еволюція в Анаксимандра), іонійці ще не знали принципу руху, тобто джерела розвитку. Припускаючи, що в основі всього дійсного є єдина матерія, іонійці вперше в науці висловили принцип збереження матерії.

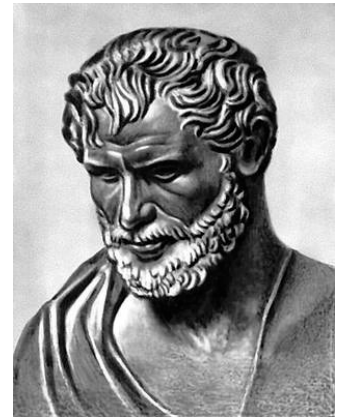
Арістотель відзначав, що в поглядах іонійців не визначена природа руху. Він писав: «Така, на їх думку, першооснова дійсного, тому що ніщо не народжується і ніщо не примножується». Вперше питання про джерело розвитку поставив Геракліт з Ефеса, філософ пізнішого періоду (594-475 рр.



Анаксимен

до н.е.). Геракліта не можна віднести до якої-небудь певної школи, це самобутній і яскравий мислитель. Проте, оскільки, подібно до іонійців, приймає єдине начало («вогонь»), ми, порушуючи хронологічний порядок викладу, спинимося на його поглядах тут безпосередньо, слідом за іонійцями, вважаючи філософію Геракліта найвищим ступенем філософії іонійців.

Класики називали Геракліта основоположником діалектики «Коли ми піддаємо мисленому розгляду природу або історію людства, або нашу власну духовну діяльність, то перед нами вперше постає картина нескінченного сплетіння зв'язків та взаємодій, в якій ніщо не лишається нерухомим і незмінним, а все рухається, змінюється, виникає і зникає».

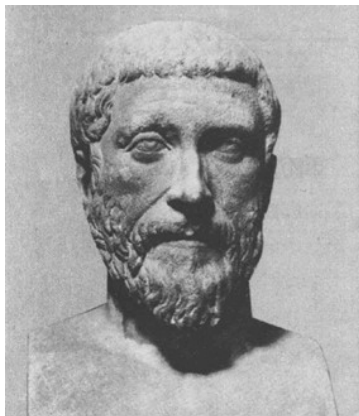


Геракліт з Ефеса

Цей первісний, наївний, але по суті правильний погляд на світ був властивий старогрецькій філософії і вперше ясно висловлений Гераклітом: «Все існує і в той же час не існує, бо все тече, все постійно змінюється, все перебуває в постійному процесі виникнення і зникнення». Геракліт сприймає світ як процес, що відбувається внаслідок внутрішнього саморуху, боротьби протилежностей. Його послідовники (Кратіл), захопившись ідеєю руху на шкоду ідеї субстанції, перекручували філософію Геракліта. Розвиваючи його положення: «не можна двічі увійти в одну й ту ж річку», вони говорили, що не можна навіть один раз увійти в неї, доводячи філософію Геракліта до софістики. Вони робили негативний висновок з діалектики, твердячи, що «все не істинне». У Геракліта ж, навпаки був принцип: «все істинне», в усьому є (частина) істини.

1.2.2. Піфагорійська та елейська школи

Майже одночасно з матеріалістичним світоглядом виникають і ідеалістичні уявлення, які тісно пов'язані з релігією та є її витонченою формою. Такі уявлення легко могли виникнути і тому, що грецька наука була розумовою наукою, відірваною від досліду, до якого рабовласники



Піфагор

відносились зі знехтуванням, як до заняття недостойної вільної людини. Особливого розвитку ідеалістичні погляди були розвинені Піфагором (близько 580-500 р. до н.е.) і його учнями. Особистість Піфагора окутана туманом легенд, і багато істориків науки і філософії вважали самого Піфагора міфічною особистістю. Однак саме про Піфагора збереглася достатня кількість відомостей біографічного характеру. Піфагор походив з аристократичного роду, що веде свій родовід від міфічного Геракла. Уродженець острова Самос, він брав участь у політичній боротьбі аристократів і демократії на стороні аристократії і змушений був втекти в Італію, де заснував таємний союз. У політичній боротьбі союз був розгромлений, а

Піфагор, по одним відомостям, був убитий, по іншим – помер у новому вигнанні. Проте піфагорійська школа продовжувала існувати й після смерті вчителя. З нею зв'язані імена Філолая (кінець V – початок IV ст. до н.е.), знаменитого філософа Сократа і астронома Аристарха Самоського, які жили наприкінці IV і першій половині III ст. до нашої ери.



Філолай

Піфагорійці, приписуючи числам містичні властивості, інтерпретували окремі числа як досконалі символи: одиниця – загальна першооснова, два – початок протилежності, три – символ природи і т.д. Вони думали, що будь-яку річ, будь-яке явище світу можна виразити числами. Але оскільки вони знали тільки раціональні числа, то, за переказами, відкриття несумірності діагоналі квадрата з його стороною викликало в них потрясіння.

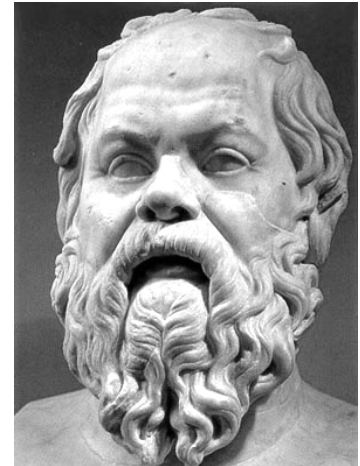
Містика чисел виявилася дуже живучою. Вона фігурує в релігійних поглядах, у магії, астрології, в ідеалістичних системах. Разом з тим в ідеї



**Пам'ятник Аристарху
Самоському**

піфагорійців про важливість числових відношень у природі є й раціональне зерно: кількісний аналіз, математичні співвідношення сьогодні становлять основу наукового опису природи. Перший приклад такого опису дали самі піфагорійці, відкривши, що довжини струн, звучання яких дають гармонійні інтервали, відносяться як прості цілі числа (2:1, 3:2, 4:3). Найважливішою заслугою піфагорійців є уявлення про сферичну форму Землі та про її рух.

Піфагорійці висунули так звану піроцентричну систему, у якій Земля, Сонце, Місяць і планети рухаються навколо центрального вогню. Вважаючи десять священним числом, піфагорійці ввели десять



Сократ

рухливих сфер, що обертаються навколо центрального вогню. Оскільки древні греки знали лише п'ять планет, крім Землі, то піфагорійцям для одержання священного числа десять довелося ввести додаткове небесне тіло «противоземлю». Таким чином, сфери Землі й противоземлі, Сонця, Місяця, п'яти планет і нерухомих зірок оберталися навколо центрального вогню. Відстані цих сфер від центра, згідно вченню піфагорійців, підкоряються

простим числовим співвідношенням. Ці сфери при обертанні випромінюють нечутні гармонійні звуки (музика сфер).

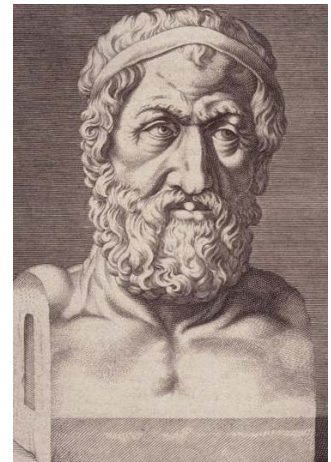
Надалі Аристарх Самоський викинув центральний вогонь і противоземлю й, помістивши в центрі Всесвіту Сонце, побудував першу модель геліоцентричної системи. Очевидно, ця модель не була відома Копернику. У посвяті до своєї книги він посилається на вчення про рух сфер навколо центрального вогню, викладене піфагорійцем Філолаєм.



Парменід

Другою формою ідеалістичної реакції на погляди іонійців було вчення філософів так званої елейської школи (Парменід, Зенон, V ст. до н. е.), названої так по грецькій колонії Елея в південній Італії. Елеати не погоджувались зі змінами руху в природі. Велику популярність отримали заперечення Зенона Елейського проти руху, в якому він доводив, що поняття руху веде до

протиріччя. Як показав подальший філософський аналіз цих апорій, Зенон викрив в своїх апоріях діалектичну природу руху.



Зенон Елейський

Подальший розвиток наукової думки подолав односторонній скептицизм елеатів. Пояснення стійкості існування світу при неперервній його зміні стали шукати в припущеннях декількох первинних початків, поєднання і роз'єднання яких породжує зміни. Джерелом руху є рухаючі начала: кохання і ворожість. Знищення і народження в природі немає, є тільки з'єднання і роз'єднання частин. Так антична думка привела до великого принципу збереження, який є основою матеріалістичного світогляду, який вона виразила формулою: «з нічого нічого не буває і зберігається навіки». Це твердження є основою всіх послідовних наукових матеріалістичних поглядів на природу. Іонійці рішуче поривають з релігійними вченнями про створення світу з нічого божою силою.

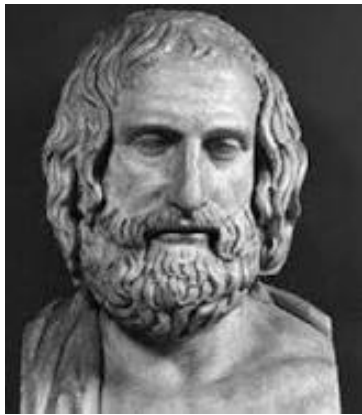
Відзначимо, що наука Древньої Греції із самого початку спиралася на знання, добути в країнах Древнього Сходу. Але також із самого початку виявилися в цій науці нові риси. Мислитель Древньої Греції прагнув обговорювати проблему, логічно обґрунтувати те або інше положення. Ця риса особливо яскраво виявилася в поглядах наступних учених, відомих з історії філософії елеатів, атомістів і Арістотеля.

Таким чином, уже на першому етапі виникнення науки були поставлені глибокі питання про будову й походження світу, про причину руху, про ролі кількісних відносин у природі й т.д. Намагаючись відповісти на ці питання, іонійці, піфагорійці та елеати поклали початок теоретичному аналізу природи, розробці наукової картини світу. Висунута чітка ідея про вічність матерії, про розвиток світу в силу природних причин, побудовані перші моделі Всесвіту. На зміну релігійним і міфічним уявленням про виникнення і будову світу прийшла наука.

1.3. Атомістичні погляди античної науки

1.3.1. Атомізм Анаксагора і Емпедокла

Критика ідеалістичних поглядів елеатів мала для науки глибоке значення, викликавши посилений рух думки і в античний період, і в пізнішу епоху. Реакцією на погляди елейської школи було виникнення школи атомістів, яка висунула на противагу іонійцям та елеатам ідею про будову світу з елементів. Перші зачатки нового погляду ми знаходимо у Анаксагора (500-428 рр. до н.е.). В особі Анаксагора ми зустрічаємось з першим



Анаксагор

філософом, що вчив в Афінах. Центр політичного й культурного життя перемістився тоді в Афіни. Серед учнів Анаксагора були такі знамениті люди, як видатний політичний діяч Перікл, драматург Евріпід, філософ Сократ. Будучи звинувачений в безбожності, Анаксагор був висланий з Афін і помер на засланні. Анаксагор учив, що всі речі побудовані з первинних найдрібніших частинок – «насінин». Арістотель називав їх «гомеомеріями». Лукрецій (римський поет-філософ) так говорить про ці гомеомерії: «Спинимось на гомеомеріях Анаксагора – грецьке слово, переклад якого утруднений бідністю нашої мови. Але що розуміє він під цим словом, роз'яснити легко. За Анаксагором, кістки складаються з маленьких кісток, внутрішні органи – з таких же маленьких органів; кров – з великої кількості кров'яних краплинок; золото – з кусочків золота; земля – з дрібних земель, вогонь – з вогнів, волога – з волог, подібним чином і все інше. Але Анаксагор не вказує на присутність пустоти і на те, що подільність тіл має границі».

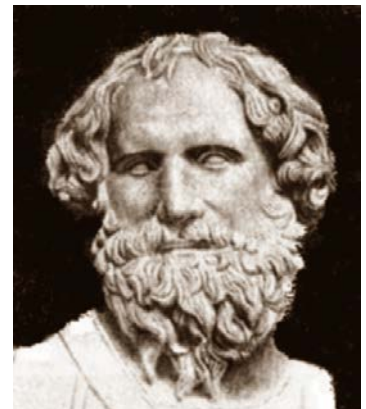
Анаксагор учив, що світ спочатку перебував у стані хаосу і все насіння було перемішане. Потім якимсь регулюючим началом (дух «Нус») насіння було поділено, і утворилися речі.²⁰

Анаксагор розглядав світ як сферу. Сонце, Місяць, зорі – не боги, а розжарені камені. Доказом цього він вважав метеорити, які він уявляв кусками Сонця. Саме за ці погляди він і був обвинувачений у безбожності. Це один з багатьох фактів переслідування релігією вчення про єдність небесної і земної матерії.

На поглядах Анаксагора відбилася критика елейської школи. Він також учив про облудність почуттів, висловлюючи це у формі твердження: «Сніг чорний».

Іншим філософом, який учив про складання суцього з кількох складових частин, був Емпедокл (492- 432 рр. до н.е.), який жив в Італії. В Емпедокла ми зустрічаємо в ясно виявленій формі основний закон атомістики: закон збереження матерії.

«Божевільні гадають, що може виникнути щось, яке ніколи не було, або загинути без сліду щось існуюче. Я постараюсь відкрити вам істину. У природі



Емпедокл

немає виникнення того, що може померти; немає повного знищення; нічого, крім змішування і поділу поєднаного. Тільки неуки називають це народженням і смертю».

Таким чином, усе суще складається з незруйнованих частин. Усі зміни у світі становлять з'єднання і поділи цих не зруйнованих «коренів». Таких «коренів», або «стихій», за Емпедоклом, чотири: земля, вода, повітря і вогонь. Так само, як і в Анаксагора, ці елементи самі нерухомі і приводяться в рух сторонніми причинами (в Анаксагора таким рушійним началом був «Нус»). Звідси походить динамічна концепція, яка трактує силу як необхідний елемент матерії, що нав'язується зовні. В Емпедокла розглядаються дві полярно протилежні рушійні сили: любов і ненависть (притягання і відштовхування). Ось в якій формі виникла пізніша ньютонівська фізика.

Відзначимо в Емпедокла своєрідну теорію еволюції. Спочатку утворилися частини живих організмів, які з'єднувалися завдяки дії вказаних сил найбільш безладно. Так виникли людинобики, вівцеконі і т. д. У процесі пристосування до життя непристосовані комбінації загинули і лишилися сучасні досконалі форми живих організмів. Такими є погляди попередників атомістів: ми бачимо тут визнання існування первинних незмінних елементів, проте ще якісно різних.

1.3.2. Атомістичні погляди Демокріта

Для подолання труднощів перших атомістичних уявлень потрібно було знищити якісну відмінність первинних елементів. Цей крок зробив Левкіпп і розвинув його учень – геніальний Демокріт. Демокріт (460-370 рр. до н.е.) походив з міста Абдери, яке міститься в північній частині Греції – Фракії на березі Егейського моря. Кажуть, що перський цар Ксеркс під час свого походу гостював у батька Демокріта і залишив у нього магів і халдеїв, майбутніх учителів філософа. Потім учителями Демокріта були Анаксагор і Левкіпп. Демокріт вивчав і Піфагора, про якого згодом висловився різко. («Піфагор, син Мнесарха, мудрість свою створив з багатознайства і нечистих вивертів»).



Демокріт

Батько залишив йому досить велике майно, яке Демокріт витратив на подорожі. «Я з усіх своїх сучасників, – каже він про себе, – об'їхав найбільшу частину землі, досліджуючи найвіддаленіше; і я бачив найбільше число країв і країн, і я чув промови більшості вчених людей і в поєднанні ліній з доведенням ніхто мене не перевершив, навіть єгипетські, так звані арпедонапти («натягачі вірвовки» – землеміри)». Розповідають, що Демокріт був у Вавілонії, Персії, Єгипті, Індії і Ефіопії. Демокріта вабить дослідне пізнання, він прагне розширити свій кругозір. Але він же прагне і до поглибленого розмірковування. Саме про нього Ціцерон передає легенду, що він «сам себе позбавив зору, бо гадав, що роздумування і

розмірковування розуму при спогляданні і зрозумінні природи будуть жвавішими, коли звільняться від розваги зору й перешкоди очей». Поряд із цим відзначається здоровий розсуд Демокріта, відсутність у нього навіть ознак забобонів і містики. Розповідають, що вночі на кладовищі над ним хотіли пожартувати молоді люди і вийшли до нього в білих саванах. «Годі вам дурити» – сказав філософ.

До нас дійшло небагато творів Демокріта. Збереглися тільки уривки в рукописах інших авторів. Діоген Лаерцій говорить, що кращим твором Демокріта був «Мегас Діакосмос» («Велика будова світу»), від якого нічого не збереглося. Така сумна доля Демокрітових творів не випадкова. Матеріалізм Демокріта завжди викликав злобу і ненависть у реакціонерів, ідеалістів. Розповідають, що Платон наказував своїм учням знищувати книги Демокріта, де б вони їх не знаходили. Християнські попи солідаризувалися з Платоном. Блаженний Августин вигукував: «Краще б ніколи не чути імені Демокріта». Але, всупереч намаганням ідеалістів, філософія Демокріта пустила міцне коріння і розроблена ним атомістика є наріжним каменем сучасного природознавства.

Діоген Лаерцій у «Біографіях філософів» наводить космогонічні погляди Левкіппа і Демокріта:

«Він говорить, що всесвіт нескінченний... Одна частина його повна, друга – пустота; їх він називає елементами (стихіями); світів же (виникає) із цього нескінченне число, і вони розв'язуються в (згадані) елементи. Виникають же світи таким чином. Виділяючись з безмежного, несеться величезна кількість різноманітних щодо форм тіл «у велику пустоту»; і ось вони, зібравшись, спричиняють єдиний вихор, в якому, наштотуючись один на одного і всіляко кружляючи, вони поділяються, причому подібні (відходять) до подібних. А ті, що мають однакову вагу, внаслідок великого скупчення, вже неспроможні більше кружляти (і ось таким чином) тонкі (тільця) відступають у зовнішній частини пустоти, начебто пролітаючи (до периферії). Інші ж «лишаються вкупі» і, сплітаючись між собою, рухаються разом і утворюють насамперед якесь кулясте сполучення».

Цей перший нарис космогонічної гіпотези буде згодом (XVII ст.) розвинений Декартом, а у XVIII ст. Кантом і Лапласом.

Звертаючись до аналізу поглядів Демокріта, ми насамперед повинні відзначити основну тезу про вічність і незнищенність матерії та основну ідею: пояснення світу з нього самого. «Природознавство вперше відчуває себе в атомістиці звільненим від необхідності вказати підставу існування світу» – змушений визнати ідеаліст Гегель.

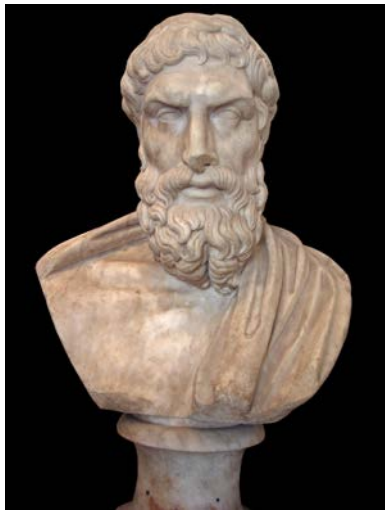
Поряд з атомами Демокріт визнає існування пустоти. «Ця пустота, негативне, протилежне ствердному, є також початок руху атомів; вони немовби спонукаються пустотою наповнити і заперечувати її» (Гегель). *Пустий простір Демокріта* – це арена дії атомів, ящик, в якому вони містяться і який може існувати незалежно від атомів. Вічність і незмінність атомів означає, що час відносно атомів є також зовнішнім і чужим поняттям. Ці погляди на простір і час згодом розвиватимуться в ідеї Ньютона про абсолютні простір і час.

Демокріт не визнає випадковості у природі, все відбувається «з деякої

причини і необхідності». Демокріт не визнає якісної відміни атомів, зводячи їх різноманітність до різноманітності величини й форми. Багатство явищ цілком може бути вичерпане порядком, числом, величиною і формою атомів, що утворюють тіла. Демокріт не визнає і впливу атомів один на одного через пустоту; вони можуть впливати тільки тиском і ударом.

Такою є натурфілософія Демокріта. Вона мала виняткове значення в історії природознавства, як геніальна спроба пояснити світ з нього самого, не вдаючись до сторонніх обґрунтувань. Погляди атомістів виявилися надзвичайно плідними. Ними керувалися великі засновники сучасної фізики й хімії: Галілей, Декарт, Бойль, Ньютон, Ломоносов. Але у своїй початковій формі атомістика містить ще багато метафізичного. В наші часи незмінний атом Демокріта, позбавлений «внутрішнього стану», перетворився в невичерпний, складний світ.

1.3.3. Атомізм пізнього античного періоду



Епікур

Відступаючи від хронологічного порядку викладу, ми звернемося до розгляду нового етапу атомістики – атомістики Епікура (342-270 рр. до н.е.), який учив уже після Арістотеля. Вчення Епікура викладене в поемі «Про природу речей» його послідовника римського поета-філософа Лукреція Кара (94-51 рр. до н.е.).

Вчення Епікура про природу базується на концепції атомів Демокріта, але трохи відрізняється від демокрітового. Вражаючий розмах атомної теорії. Існуванням атомів Епікур, а за ним і Лукрецій намагаються пояснити всі природні, психічні та соціальні явища. Саме уявлення про атоми виводиться з добре відомих фактів. Так, білизна сохне тому, що під дією сонця й вітру від неї відриваються невидимі частинки води; рука мідної статуї біля міських воріт, до якої доторкаються в поцілунку губи заходячих у місто, помітно тонша в порівнянні з іншою рукою, тому що при поцілунку губи несуть частинки міді.

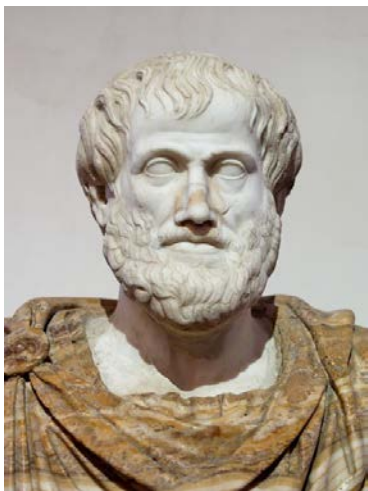
Атоми перебувають у безладному русі, і Лукрецій малює модель руху атомів, уподібнюючи його руху порошин у сонячному промені, що ввірвався в темну кімнату. Це перша в історії науки картина молекулярного руху, написана древнім автором. Сам хаотичний рух атомів Епікур пояснює інакше, ніж Демокріт, – він відступає від строгого детермінізму Демокріта. Епікур не визнає відмінності у швидкості падіння малих і великих атомів; у порожньому просторі всі частинки рухаються з однаковою швидкістю. Але в деякі моменти мимовільно виникають випадкові невеликі відхилення тієї або іншої частинки від прямолінійного шляху. Ці відхилення Епікур вважав необхідними, щоб пояснити вільну волю людей, так що атоми ніби також мають якусь «свободу волі».

Епікур і Лукрецій вважали, що одна необхідність не в змозі пояснити різноманітність явищ природи й особливості поведінки людей і тварин. Варто

допускати невеликі випадкові відхилення атомів у невизначених місцях, у невизначені моменти часу («не в заданий термін і на місці, доти невідомому»). Так уперше в історії науки в науковий аналіз поряд з необхідністю вводиться випадковість.

Вчення атомістів є найвищим досягненням античної науки, зародившись в епоху рабовласництва, воно пережило друге відродження в епоху встановлення дослідного пізнання себе і зараз стало основою фізики і хімії.

1.4. Фізичні погляди Аристотеля



Арістотель

Глибокі зміни, що відбувались в політичному і суспільному житті, ідеології (поява ідеалістичної філософії Платона, софістики) тощо викликало потребу в систематизованому науковому знанні. Таку задачу систематизації наукових знань свого часу виконав учень Платона, знаменитий мислитель древності Аристотель.

Аристотель (часто також Арістотель) народився в Стагірі на півночі Греції в 2 половині 384 року до н.е. в сім'ї придворного лікаря македонського царя Амінти II. У 18 років Аристотель відправляється в Афіни щоб стати учнем Академії Платона. Майже 20 років Арістотель вдосконалював свою освіту в Академії. За свідченням істориків, Платон називав його «розумом» своєї школи.

В 343 році до н.е. він прийняв почесне запрошення македонського царя Філіпа стати вихователем його чотирнадцятирічного сина, майбутнього полководця і імператора Олександра Македонського. Ці заняття продовжувалися три роки до вступу Олександра на престол. Будучи під заступництвом свого колишнього учня, Арістотель в 335 році до н.е. створює в Афінах школу – Лікей, в якій перед багато чисельною аудиторією викладав своє вчення, полемізуючи з представниками інших філософських шкіл. На протязі 13 років Арістотель керував своєю школою, учні і послідовники якої стали називатися перипатетиками (перипатос – гр. блукання: назва пов'язана, напевно, з прогулянками по алеям Лікея, під час яких філософ бесідував з учнями). Помер Арістотель в 322 р. до н.е.

Творча спадщина філософа колосальна за об'ємом. До нас дійшла лише частина творів Аристотеля, але і вони характеризуються надзвичайно широким діапазоном поставлених в них наукових проблем.

Фізиці і близьким їй природничим дисциплінам Арістотель присвятив 4 трактати: «Фізика», «Про небо», «Про виникнення і знищення», та «Метеорологіка», які складають єдине ціле. Вони являють собою конспекти лекцій, які читав Арістотель в Лікеї. В цих роботах вчений намагався створити закінчену картину світу.

Згідно Арістотелю, чотири основних і протилежних якості (холод і тепло, сухість і вологість) попарно утворюють елементи, з яких складаються всі матеріальні речі: земля, вогонь, повітря і вода. Всім речам надаються абсолютні властивості важкості і легкості. Поняття простору, часу і матерії у

Арістотеля взаємозалежні і не існують одне без одного. Під рухом він розумів зміни взагалі, перетворення можливого (потенційного) в дійсне, називаючи це перетворення особливим терміном «ентелехія». Механічні переміщення вважалися одним із видів руху: їх Арістотель ділив на два типи: «природні» і «штучні».

«Природні» рухи небесних тіл – це кругові рухи навколо нерухомої і кулеподібної Землі. «Природні» рухи на самій Землі – це рухи вгору і вниз абсолютно легких і абсолютно важких тіл. Всі інші – «вимушені» – рухи виникають під дією інших тіл – «двигунів».

Арістотель різко відокремлює «небесне» і «земне». Його трактування «матерії», «місця», «руху» таке, що не допускає існування пустоти. Матерія неперервно розподілена в просторі. За допомогою умовиводів Арістотель приходить до висновку, що рух в пустоті взагалі не можливий. Він показує, що в пустоті всі тіла падали б на землю з однаковими швидкостями, але так як пустота неможлива, то він приходить до хибного висновку про пропорціональність швидкості падіння вазі тіла («закон» Арістотеля). «Вимушені» рухи кинутих тіл він пояснює «боязню пустоти». Такі уявлення Арістотеля про механіку руху, викладені в творі «Фізика», який власне й дав назву цілій галузі природознавства. Судження про проблеми механіки, про природу теплоти, про атмосферні, акустичні і оптичні явища зустрічаються в інших творах Арістотеля. Ці судження часто дуже далекі від уявлень сучасної фізики. Головна заслуга Арістотеля – чітка постановка багатьох важливих проблем механіки і фізики в цілому, розв'язання яких в кінцевому рахунку привело до виникнення науки Нового часу.

1.5. Еллінська епоха в історії науки

1.5.1. Олександрійська школа

Афіни після смерті Олександра Великого (323 р. до н.е.) і втечі Арістотеля втратили своє політичне значення і стали також втрачати свою першість як інтелектуальний центр. Там ще лишалися філософські школи, але центр наукових інтересів перемістився в Олександрію Єгипетську. Розвиток науки, якому сприяли загальне поширення грецької мови і щедра підтримка правителів багатьох держав, що утворилися після розпаду імперії Олександра, досяг на той час такого рівня, що наукові знання не могли вже залишатися загальнодоступними, а стали долею фахівців. Природознавство у постарістотелеву епоху стало переходити із сфери філософських розмірковувань про природу в сферу конкретних фактів і явищ. Цей період часто називають *еллінським*.

В еллінську епоху грецька математика, механіка і астрономія разом з іншими галузями знань досягли найвищого розвитку. Грецька наука перейшла від розгляду світу в цілому до диференційованого знання, з єдиної науки виділились і розвинулись окремі науки, природничо-наукові та гуманітарні. Важливу роль у цьому відіграла олександрійська школа з міста Олександрія на півночі Африки.

Птолемей і Сотер, засновник єгипетської династії Птолемеїв, призвав до свого двору Деметрія Фалерського, учня Арістотеля, і доручив йому

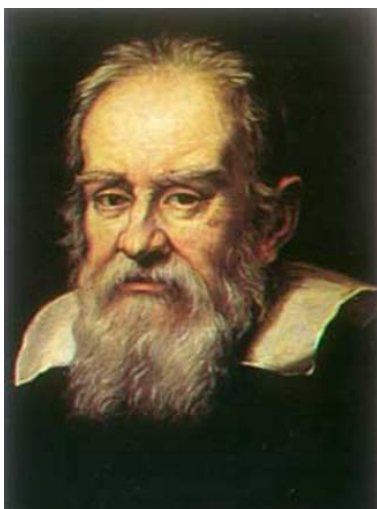


*Деметрій
Фалерський*

створити школу за зразком «Лікея». Так був створений Олександрійський музей. Першим ядром бібліотеки цього Музею були збори праць Аристотеля. При Птолемеї II Філадельфі, що вступив на трон у 285 р. до н.е., музей став великим культурним центром, де вчені жили разом, за державний рахунок; у своєму розпорядженні вони мали дві великі бібліотеки, що нараховували у 48 р. до н. е. 700 тис. томів. Це перший в історії приклад колективної організації наукових досліджень. Щось подібне було знову досягнуто лише в XX столітті. Незабаром почалося видання книг Музеєм, чому сприяла наявність папірусу, що давало Єгиптові природну монополію у виготовленні писального матеріалу.

Ці умови, винятково сприятливі для розвитку науки, залучали в Олександрію велике число вчених із усіх кінців світу. Там процвітали наукові школи протягом всього античного періоду. Зокрема, уся фізика елліністичного періоду, що представляє собою велику і кращу частину внеску античності в дослідження природи в сучасному розумінні, зв'язана з Олександрійським музеєм, тому цей період в історії науки ще називають Олександрійським.

Майже кожний учений елліністичної епохи був пов'язаний з Олександрією якщо не особистим контактом, то науковою перепискою, яка у цей період одержала великий розвиток. Знаменитий Архімед повідомляв свої результати у формі листів, спрямованих із Сіракуз олександрійським математикам. В Олександрії жили й працювали великі вчені: геометр Евклід, географ і математик Ератосфен, астрономи Конон, Аристарх Самоський і пізніше Клавдій Птолемей. З Олександрією були зв'язані математик Аполоній Пергський, астроном Гіппарх, які жили на острові Родос, і Архімед із Сіракуз. У розвитку науки особливо важливу роль зіграли Евклід і Архімед.



Евклід

Евклід (жив у III ст. до н.е.) підсумував і систематизував математичні знання своїх попередників, з яких його вчителем був знаменитий учений Евдокс Кнідський. «Начала» Евкліда являють собою виклад тієї геометрії, що відома й понині за назвою евклідової геометрії. Вона описує метричні властивості простору, які сучасна наука називає евклідовим простором. Евклідовий простір є ареною фізичних явищ класичної фізики, основи якої були закладені Галілеєм і Ньютоном. Цей простір порожній, безмежний, ізотропний, тривимірний. Евклід додав математичну визначеність атомістичній ідеї порожнього простору, у якому рухаються атоми.

Не зупиняючись на аксіомах і теоремах евклідової геометрії, відзначимо,

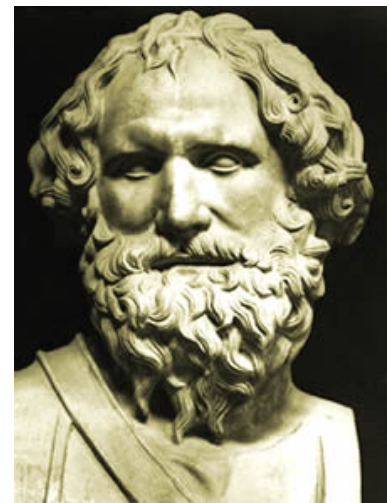
що Евклід вніс свій вклад і у фізику.

Евклід заклав основи геометричної оптики, викладені ним у творах «Оптика» і «Катоптрика». Основне поняття геометричної оптики - прямолінійний світловий промінь. Евклід приймає, що світловий промінь виходить із ока (теорія зорових променів), що для геометричних побудов не має істотного значення. Він знає закон відбивання і фокусуючу дію увігнутого сферичного дзеркала, хоча точного положення фокуса визначити ще не може. У всякому разі в історії фізики ім'я Евкліда як засновника геометричної оптики зайняло належне місце.

1.5.2. Архімед

Великий математик, механік і фізик стародавності Архімед поряд з Евклідом є вченим, ім'я якого відомо кожному школяреві. Закон Архімеда століттями не сходять зі сторінок шкільних підручників фізики.

Архімед народився в 287 р. до н.е. у Сіракузах, на острові Сицилія. Сицилія була далеким західним форпостом грецької культури. Тут жив і вмер Емпедокл, сюди приїжджав Платон здійснювати свої ідеї про ідеальну структуру рабовласницької держави, і ще в роки дитинства Архімеда епірський цар Пірр вів тут війну з римлянами й карфагенянами, намагаючись створити нову грецьку державу. У цій війні відзначився один з родичів Архімеда – Гієрон, що став в 270 р. до н.е. правителем Сіракуз. Батько Архімеда, астроном Фідій, був одним з наближених до Гієрона, і це відкрило йому можливість дати синові гарну освіту. Але Архімед не поїхав в Афіни, а відправився в Олександрію, де в нього склалися дружні стосунки з астрономом Кононом, математиком і географом Ератосфеном, з якими він підтримував надалі наукову переписку. Архімед повернувся в Сицилію зрілим математиком, однак перші його праці були присвячені механіці. Цікаво відзначити, що Архімед у своїх математичних роботах нерідко спирається на механіку. Він використовує принцип важеля при розв'язанні ряду геометричних задач. Можна сказати, що Архімед був представником математичної фізики, вірніше, фізичної математики.



Архімед

Принцип важеля і вчення про центр ваги є найважливішими (поряд із законом Архімеда) науковими досягненнями Архімеда в області механіки.

Архімед був не тільки математиком і механіком. Він був одним з найбільших інженерів свого часу, конструктором машин і механічних апаратів. Він винайшов машину для поливу полів («равлика»), водопідйомний гвинт і особливо успішно розробляв конструкції військових машин. Це був перший учений, що приділяв багато уваги й сил військовим завданням. До цього його спонукувало політичне положення Сіракуз. Архімеду було 23 роки, коли почалася 1-а Пунічна війна між Римом і Карфагеном, і 69 років, коли почалася 2-а Пунічна війна, під час якої він і загинув (212 р. до н.е.).

Архімед є засновником статическої і гідростатическої. Хоча його виклад носить геометричний характер і заснований на постулатах, отриманих з не описаних ним дослідів, ясно, однак, що в нього були навички в проведенні точних експериментів. Протягом багатьох століть механіка розглядалася як наука про прості статическі машини. Її основою була теорія важеля, викладена Архімедом у творі «Про рівновагу плоских фігур». Крім закону важеля, у цій книзі приводяться визначення центрів ваги трикутника, паралелограма, трапеції, параболічного сегмента, трапеції, бічні сторони якої є дугами парабол. Поняття центра ваги передбачається відомим, і на початку книги приводяться постулати про центр ваги. Саме ж визначення центра ваги, дане Архімедом, зустрічається у творі Паппа Олександрійського, що жив наприкінці III ст. н.е. Але Архімед використав отримані ним у механіці результати для формулювання математичних висновків. Так, він використовує закон важеля при обчисленні площі параболічного сегмента і об'єму кулі. Ці обчислення Архімеда є початковим етапом інтегрального числення.

Переходимо тепер до знаменитого закону Архімеда. Цей закон викладений у творі «Про плаваючі тіла».

Сіракузи було портовим і суднобудівним містом. Питання плавання тіл щодня вирішувалися практично, і з'ясувати їхні наукові основи, безсумнівно, здавалося Архімеду актуальним завданням. Правда, існує легенда, що Архімед прийшов до свого закону, вирішуючи завдання, чи містить золота корона, замовлена Гієроном майстрові, сторонні домішки чи ні. Але завдання, поставлене Гієроном, вимагало знання об'єму корони й об'єму золота тієї ж ваги й, властиво, закону Архімеда для свого розв'язання не вимагала.

Імовірно, мотиви роботи Архімеда були все-таки більше глибокими. Він розбирає не тільки умови плавання тіл, але й питання про стійкість рівноваги плаваючих тіл різної геометричної форми. Науковий геній Архімед в цьому творі, що залишився, очевидно, незакінченим, проявляється з винятковою силою. Отримані ним результати одержали сучасне формулювання й доказ тільки в XIX ст. Основи гідростатическої, закладені Архімедом, лише наприкінці XVI і першій половині XVII сторіччя були розвинені Стевіном, Галілеєм, Паскалем і іншими вченими.

Крім математики й механіки, Архімед займався оптикою й астрономією. Збереглася легенда про те, що Архімед використав у боротьбі з римським флотом увігнуті дзеркала, підпалюючи кораблі сфокусованими сонячними променями. Є відомості про те, що Архімедом був написаний, недійшовший до нас, великий твір з оптики під назвою «Катоптрика». З уривків, які дійшли до нас, цитованих древніми авторами, видно, що Архімед добре знав запальні дії ввігнутих дзеркал, проводив досліди по заломленню світла, знав властивості зображень у плоских, опуклих і ввігнутих дзеркалах.

1.5.3. Олександрійські механіки

Архімед – вершина наукової думки древнього світу. Наступні вчені – Герон Олександрійський (I-II ст. до н.е.), Папп Олександрійський (III ст. н.е.) – мало що додали до спадщини Архімеда, і їхні праці з механіки носять

компілятивний характер.

Сучасником Архімеда, бути може трохи старшим його за віком, був Ктезибій, засновник знаменитої олександрійської школи механіки. З його робіт нам відомий лише один сумнівний уривок. Однак навколо його імені також сплетена легенда. Для олександрійської механіки характерний інтерес до вивчення і застосування стиснутого повітря (пневматика). Засновником цього нового розділу техніки, що представляє великий інтерес для фізики, швидше за все є дійсно Ктезибій. У згаданому сумнівному уривку з його праць описується гідравлічний орган, побудований по типу звичайного органа з трубок різної висоти, коливання яких збуджуються протікаючим повітрям, стиснутим за допомогою води.



Герон

Герон прославився як винахідник дотепних автоматів і еоліпіла, першого теплового двигуна, що представляє по своїй суті модель першої парової турбіни. Правда, еоліпіл Герона ніякої корисної роботи не робив і залишався кумедною іграшкою. Це показує, що передчасні відкриття не одержують розвитку доти, доки не дозріють умови для їхнього освоєння й розробки. Історія теплового двигуна почалася тільки в XVII ст. після відкриття атмосферного тиску. Цікаво, що багато автоматів Герона власне кажучи були засновані на дії атмосферного тиску, хоча сам Герон, звичайно, ніякого уявлення про тиск повітря не мав і дію широко застосовуваного ним сифона пояснював нерозривністю водяного струменя. Слід зазначити також, що Герон Олександрійський уперше обґрунтував закон відбиття світла принципом найменшого часу: світловий промінь відбивається від дзеркала таким чином, що світловий шлях, що з'єднує джерело світла, дзеркало й приймальну точку, вимагає для свого проходження найменшого часу. Так почалася історія важливого для оптики варіаційного принципу Ферма-Гамільтона.



Філон

Переказ приписує Ктезибію також багато інших винаходів, що відносяться до прикладної механіки, з яких ми згадаємо водяні годинники, два види важких «знарядь», що працюють на стисненому повітрі, нагнітальний водяний насос, перероблений самим Ктезибієм у пожежний насос і відомий з часів Відродження як «машина Ктезибія».

Хоч праці Ктезибія і не дійшли до нас, але ми знаємо про них по трактату «Механіка» його учня Філона, який жив в Олександрії. В трактаті, написаному приблизно в 250 р. до н. е., Філон описує будову бойових машин, приводить теорію важеля, дає опис автоматів і автоматичного театру. У книзі, присвяченій пневматиці, описана безліч цікавих іграшок, призначених для розваги гостей під час свят: криві дзеркала, посудини, що викидають різні рідини, фонтани з питущими тваринами і

співаючими птахами, підвіс, названий зараз «кардановим», автоматичне пристосування для подачі святої води до входу в храм та ін. У багатьох з цих механізмів уміло використовується атмосферний тиск і тиск водяної пари. Крім того, Філон виявив прекрасне знання принципу сифона. Далі Філон описує термоскоп – перший термоскоп, про який знає історія. Він складається з двох зв'язаних трубкою сфер: одна з них порожня, а інша частково наповнена водою.

Говорячи про оптику, слід зазначити, що древні вчені, у тому числі й Архімед, зробили ряд цікавих спостережень по заломленню світла і метеорологічній оптиці. Однак точний закон заломлення їм не був відомий. Великий астроном древнього світу Клавдій Птолемей, який з великою майстерністю розробив теорію руху планет за геоцентричною системою світу, робив досить точні вимірювання кутів падіння й заломлення світла у воді, у склі. Однак зі своїх даних він не вивів закон заломлення і вважав кут заломлення пропорційним куту падіння.



Клавдій Птолемей

Що стосується оптичних теорій древніх, то в такому складному й тонкому фізичному явищі, як світло, було важко знайти правильний підхід.

Евклід, Архімед і Птолемей широко використовували теорію зорових променів. Атомісти висунули теорію «образів», що відокремлюються від речей і викликають в очі зорові відчуття. Арістотель, виступаючи проти теорії зорових променів, думав і про проміжне середовище, і в його неясному формулюванні можна доглянути натяк на хвильову природу світла.

Кольори, за Арістотелем, обумовлені змішанням темного і світлого. Взагалі фізика Арістотеля широко оперує з протилежними якостями: тепло-холод, сухість-вологість, темнота-світло. «Фізика якостей» одержала значне поширення в епоху Середньовіччя.

1.6. Фізика епохи середньовіччя

1.6.1. Загальна характеристика епохи середньовіччя

Останні роки до нашої ери і початок нашої ери характеризуються різким загостренням суперечностей, властивих рабовласницькому ладу. Зубожіння широких мас привело до кількох великих соціальних вибухів, серед них найбільший – повстання рабів під керівництвом Спартака, яке відбулося в 72 р. до н. е. Підірвана внутрішніми повстаннями і систематичними нападами варварських племен, Римська імперія, яка об'єднувала під своєю владою весь стародавній світ, на початку нашої ери почала розвалюватися. З падінням імперії на зміну рабовласницькому ладу прийшов новий лад – феодальний.

У феодальній Європі VI-XIX сторіч панувала роздрібненість, переважало натуральне господарство. В той же час міцна і сильна організація християнської церкви сприяла тому, що вона швидко пристосувалась до нових історичних умов і стала ідеологічною опорою феодалізму.

Християнство прибрало до своїх рук функції офіційної державної релігії і зайняло непримиренну позицію щодо античної науки і культури. З самого початку воно виступило проти «язичеської» науки і культури. Так, у 390 р. н. е. християни, керовані александрійським єпископом Феофілом, знищили Александрійську бібліотеку з усіма її стародавніми пам'ятками науки. У 529 р. н. е. імператор Східної Римської імперії Юстиніан розігнав останню філософську школу в Афінах.

Це привело до занепаду культури і науки, панування схоластики. Будь-який прояв вільної думки, що не погоджувався з догмами церкви, з законами святої Біблії, зазнавав нещадного знищення. Церква висловила свою повну зневагу до природничих наук, а знайомство з творами стародавніх мислителів і вчених вважала великим злочином. Римський папа Григорій I спеціальною постановою заборонив займатися математикою, філософією та іншими науками, заборонив знайомитися з досягненнями стародавньої науки й культури. І тому зовсім не дивно, що в Західній Європі знання про природу повернулись у цілому ряді питань до рівня, що відповідав догрецькій науці і філософії.

Епоху феодалізму можна поділити на дві фази: від VI до кінця XI ст. і від XII до кінця XIV ст. Характерною рисою першої фази феодалізму є політична роздрібненість, густа сітка напівсамостійних феодальних володінь з примітивним натуральним господарством і майже цілковита відсутність товарообміну. Церква, яка об'єднала роздрібнені осередки феодального суспільства, сама стає найбільшим феодалом і тримає в своїх руках не тільки ідеологію, а й державну владу. Освіта стає монополією церкви – існували в той час лише так звані монастирські школи, а релігійне мислення було основною формою ідеологічного життя.

У другій фазі феодалізму вже існує певний поділ праці між містом і селом, зростають продуктивні сили, інтенсивнішає торговельний обмін, розпочинається гонитва за ринками збуту. Однією з форм завоювання нових ринків були так звані хрестові походи. Вони, незважаючи на всі негативні сторони, мали й позитивне значення: сприяли розширенню кругозору середньовічної людини. Почалося зближення і знайомство європейської та східної наук і культур, нагромаджується науково-природничий матеріал.

На Сході, в Китаї і Індії перехід до феодалізму відбувся раніше, ніж в Європі, тому ці країни в економічному і культурному розвитку обігнали її, що позначилось і на розвитку науки. В 7 ст. на Аравійському півострові кочові племена арабів об'єднались під знаменами нової релігії – ісламу, проголошеному купцем Мухамедом, і створили сильну державу, яка захопила Іран, країни Середнього Сходу, Єгипет, Піренейський півострів.

В історії науки і культури араби відіграли важливу роль, ставши ланкою між східною і західною культурою, між античною і середньовіковою наукою. В результаті в період раннього середньовіччя (7-11 ст.) провідну роль відігравав Схід. Лише в більш пізню епоху, починаючи з хрестових походів, оживляється європейська наука, з'являються монастирські школи, в 1208 р. – перший в Європі Паризький університет, з'явилися крупні вчені. Ця епоха розвинутого феодалізму (11-15 ст.) характеризується інтенсивним ростом продуктивних сил, ремесел, торгівлі, відродженням науки і культури, через

що її й назвали епохою Відродження. Великий ріст знарядь виробництва і виникнення нових виробничих відносин були однією з вирішальних рушійних сил розвитку науки й культури в цю епоху. В цей період було зламано духовну диктатуру церкви, вкорінювалося життєрадісне вільнодумство, що підготувало матеріалізм XVIII ст. Це був найбільший прогресивний переворот з усіх, що пережило до того людство, епоха, яка потребувала титанів науки й яка їх породила.

Велике значення в розвитку середньовічної культури і науки мала Київська Русь, яка перевищувала за рівнем розвитку багато європейських країн. Про це свідчать такі шедеври староруського письменства, як «Слово о полку Ігоревім», «Життя і ходіння Даниїла», «Слово про закон і благодать», «Повість временних літ» та ін. І хоч пізніше розвиток культури Київської Русі був різко загальмований монголо-татарською навалою, саме Русь зупинила завойовників і дала змогу розвиватися європейській науці і культурі.

Така була історична обстановка, в якій виникло нове природознавство. Значним поштовхом для розвитку науки й культури XV-XVI ст. були великі географічні подорожі: Колумба в 1492 р., який відкрив Америку, Васко да Гама, який у 1497-1498 рр., об'їхавши Африку, досягає Індії, нарешті, Магеллана, що здійснив першу кругосвітню подорож у 1519-1522 рр. Ці відкриття привели до нагромадження природничо-наукового матеріалу, який потребував обробки. З другого боку, практичні потреби, викликані до життя виробництвом, мореплавством, військовою справою, вимагали розроблення проблем небесної механіки, зокрема способів точного визначення координат пункту, розв'язання ряду задач балістики і взагалі механіки, винайдення оптичних приладів, передусім підзорної труби тощо. Такі завдання не могли бути розв'язані в рамках старого схоластичного світогляду.

1.6.2. Досягнення науки Сходу в епоху середньовіччя

Якщо аналізувати досягнення середньовічної фізики, то передусім треба спинитися на дослідженнях арабських учених, учених Сходу, які ґрунтовно опанували античну спадщину, приєднавши до неї індійську і китайську культури з їхніми досягненнями в галузі астрономії, фізики і особливо



Аль-Батані

оптики. Араби широко практикували переклади і писали коментарі до творів стародавніх грецьких учених, завдяки чому багато творів Арістотеля, Архімеда, Птолемея та інших вчених і мислителів дійшли до нас арабською мовою.

Одним з найвидатніших арабських астрономів був Аль-Баттані (858-929), який виправив ряд неточностей в системі Птолемея, зокрема точніше визначив величину випередження рівнодень, величину ексцентриситету сонячної системи; визначив тривалість року, яка виявилася лише на 2 хв. 22 с. меншою від справжньої. Для точнішої обробки астрономічних спостережень Аль-Баттані вперше застосував в астрономії тригонометричні

функції. Широко використовував тригонометричні функції для вимірювання різних типів трикутників (940-998). Він виклав основи сферичної тригонометрії і зробив важливі вдосконалення в астрономічних дослідженнях.

Особливо значний вплив на розвиток арабської математики й астрономії мали узбецькі вчені Біруні (973-1048) і Хорезмі (IX ст.).



Хорезмі

Хорезмі – один з перших засновників алгебри, склав найповніші для того часу астрономічні таблиці, що широко

використовувалися наукою, і запровадив запозичену з Індії десяткову систему цифрових знаків. У своїх працях Біруні вимагав відокремити науку від релігії і надати науці самостійності. Він висловив критичні зауваження щодо птоlemeївської системи, склав правила для визначення питомих ваг мінералів. Не відкидаючи існування бога, Біруні визнавав матерію основою природи: «... всі дії належать матерії. Матерія сама ув'язує і змінює форму речей. Отже, ця матерія є творцем».



Біруні



Альгазен

Найважливіші оптичні дослідження серед арабських учених належать Ібн-аль-Хайсаму, або Альгазену (965-1039). Альгазен остаточно пориває з теорією зорових променів і, вперше зацікавившись питаннями фізіології зору, сформулював дуже близьку до сучасної теорію про будову ока. Найважливіша частина ока, за Альгазеном, – кришталік. Він правильно пояснює бінокулярність зору – те, що зір обома очима дає одне зображення предмета пояснюється сполученням обох зорових вражень в одне за допомогою спільного зорового нерва. Дає один з перших описів камери-обскури і доповнює закон заломлення Птолемея, вказуючи на

те, що кут падіння і кут заломлення лежать в одній площині; Вводить поняття про кут зору, чим пояснює збільшення розмірів Сонця та Місяця при наближенні їх до горизонту (заходу й сходу). Саме в цьому випадку земні предмети, що є між оком і світилом, створюють враження збільшення відстані і, отже, збільшення предмета. Цікаві думки Альгазена про швидкість світла.

Грунтовні дослідження в галузі механіки були зроблені іншим арабським вченим Альгаціні в його праці «Книга про терези мудрості» (1121-1122) У цій книзі про терези з рівноплечим коромислом і шальками описано досить точні методи визначення питомої ваги різних тіл. Альгаціні вперше відкрив залежність питомої ваги від температури і вказав на справедливості закону Архімеда для повітря. Він запровадив поняття про кількість речовини і

висловив думку, що вага тіла пропорційна кількості речовини в ньому. Працями Альгаціні та інших арабських вчених було значно піднято техніку вимірювання різних фізичних величин. І хоча з початком XII ст. арабська наука і культура втрачає свою провідну роль, але значна кількість наукових праць арабів була успішно продовжена.

1.6.3. Європейська середньовічна наука

Держави Сходу значно випереджали Європу в економічному і культурному розвитку впродовж епохи раннього середньовіччя (6-11 ст.). Але вже з X ст. починають розвиватися зв'язки Європи і Сходу, зокрема, завдяки хрестовим походам. Відбувався розвиток ремесел і торгівлі.

Другою передумовою майбутнього розквіту науки послужив розвиток техніки. Механічний годинник, окуляри, книгодрукування, виробництво паперу відіграли важливу роль у розвитку природознавства. Чималу роль в розвитку цивілізації зіграв компас, історія якого починається в Древньому Китаї з II ст. н.е.

Третя передумова наукового прогресу в Європі – ознайомлення з античною науковою спадщиною. В XII ст. з'являються латинські переклади книг Евкліда, Архімеда, Птоломея і ін. грецьких авторів. Тоді ж з'явилися переклади арабських вчених Хорезмі та Альгазена.

Проте пануюча схоластична наука подавляла будь-яку вільну самостійну думку. Але і в ті часи існували люди, які шукали нові шляхи. Уже в першій



Роджер Бекон

половині XIII ст. в Європі з'являється провісник експериментальної науки – Роджер Бекон (1214-1292). Він походив із знатної англійської сім'ї, здобув університетську освіту в Оксфорді й Парижі. В 1250 р. він вступає в орден францисканців. Своєю науковою діяльністю і різкими виступами проти офіційних теологів він викликає ненависть керівників ордену. Його обвинувачують в ересі й чаклунстві, усувають з кафедри в Оксфорді і ув'язнюють. Папа Клімент IV, який сприятливо ставився до вченого, звільнив його, але після смерті папи через підступи генерала ордену Ієроніма

д'Аскола (згодом папи Ніколая IV) Бекон знову ув'язнюють в темницю, звідки після десятирічного перебування він виходить 74-річним стариком.

Це вперте переслідування Бекон цілком зрозуміле, якщо ознайомитися з характером його виступів проти офіційних богословів: «Учителі розсіяні скрізь, – каже Бекон, – особливо богослови, в кожному місті, в кожному таборі, в кожному селищі; переважно з двох орденів (тобто домініканців і францисканців), чого не було сорок років тому. А в той же час ніколи не було такого нецтва, таких помилкових думок. Великі гріхи панують, як ніколи раніше; а гріх несумісний з мудрістю... Звичаї псуються, панує гордість, розпалюється жадоба, гніздиться ненависть у серцях, розкіш ганьбить усю курію, обжерливість всіма володіє... Прелати жадібно збирають багатство, не

дбають про довірені їм душі, висувають своїх племінників та інших друзів по тілу, а також цих підступних законників, які руйнують усе своїми порадами, а тих, що вивчають філософію та богослов'я, зневажають. Погляньмо на ченців, не виключаючи ніякого ордену. Наскільки вони відійшли від належного стану; навіть нові ордени страшенно втратили початкову гідність. Весь клір відданий гордості, розкоші, жадобі. І де тільки зберуться клірики, у Парижі чи Оксфорді, скандалізують весь світський люд своїми побоїщами, шумними бешкетами та іншими пороками».

Викриваючи звичаї духівництва, Бекон гірко нарікає на убожество офіційної науки, якій «лишаються незнаними таємниці й великі речі науки». Він високо цінує досягнення античної науки, вказуючи водночас, що «ми, християни, нічого гідного не винайшли; не можемо навіть розуміти мудрість стародавніх». Бекон закликає не тільки освоїти античну спадщину, а й розвинути її далі: «Знання і мудрість можуть постійно зростати в цьому житті, бо ніщо не досконале в людських винаходах. Ми, нащадки, повинні доповнити, чого бракувало стародавнім. Входячи в їх працю, ми повинні, якщо ми не осли, підштовхуватися до покращення».

Зрозуміло, що такі погляди різко суперечили офіційним поглядам, що тоді існували, і викликали злобну реакцію верховодів казенної ідеології. В 1682 р., через 400 років після Бекона, історик францисканського ордену Ваддінг так висловлюється про Бекона: «Це був ум більш тонкий, ніж похвальний. Не можна дозволяти таку свободу вчити й мислити. Є люди, які вважають, що вони нічого ще не навчилися, якщо не посунули науку далі, ніж слід, і не виводили нових ідей за межі загальноприйнятого вчення».

Ваддінг правильно відзначає основну рису характеру Бекона. Цей дивний монах мав непохитну віру в силу наукового прогресу і, як справжній діяч передової науки, не боявся закликати до того, щоб ламати старі традиції, вказуючи, що «нові ідеї завжди зустрічають заперечення навіть з боку святих і добрих людей, мудрих в інших відношеннях».

«Два є способи пізнання: через аргументи, через дослід. Аргумент приводить до висновку і змушує нас робити висновок про питання, але він не дає певності, не усуває сумніву – щоб душа заспокоїлась у спогляданні істини, поки ця істина не буде знайдена шляхом досліджу».

Бекон геніально передбачає майбутні успіхи експериментальної науки. Із захопленням говорить він про чудеса майбутньої техніки: «Розповім про дивні справи природи та мистецтва, в яких немає нічого магічного. Побачимо, що вся могутність магії нижча від цих справ і негідна їх. Можна зробити знаряддя плавання, що йдуть без гребців, судна річкові й морські, що плывуть при керуванні однією людиною швидше, ніж коли б наповнені були людьми. Так само можуть бути зроблені колісничі без коней, що рухаються з надзвичайною швидкістю... можна зробити літальні апарати: людина, що сидить у середині апарата, з допомогою якоїсь машини рухає крилами подібно до пташиних... можна зробити апарат, щоб ходити безпечно по дну моря і річок... прозорі тіла можуть бути так оброблені, що віддалені предмети здадуться наближеними і навпаки, що на неймовірній віддалі будемо читати найменші букви і розрізняти найдрібніші речі, а також будемо спроможні спостерігати зорі, як побажаємо».

Ми живемо в епоху пароплавів і швидкохідних катерів, автомобілів і літаків, підводних човнів і водолазних скафандрів, телескопів і мікроскопів, і нам важко уявити, що більше 700 років тому в душній монастирській келії, в похмурій темниці інквізиції геніальний монах мріяв про ці чудеса техніки. Його мрія була науковою фантазією, докорінно відмінною від диких домислів про магичні чудеса. Бекон був противником магії: «не треба вдаватися до магичних явищ, коли сили науки досить, щоб виконати дії, – вигукує він. Звичайно, Бекон був ще сином свого часу і, наприклад, вірив у значення астрології, але його здоровий розум протестував проти безглуздо фантастичних вигадок. «Люди через навіювання можуть що завгодно уявити, коли себе настроюють на це, – каже він – Щодо заклинань, замовлянь і тому подібного, то без сумніву все це є неправдиве й сумнівне». З дивною проникливістю Бекон викриває шарлатанство магів і фокусників, які викликають ілюзії і користуються неучтвом натовпу. «Коли б перед тими, що не знають, що магніт притягує залізо, перш ніж зробити дослід, провести заклинання і замовляння, то вони ніяк не приписали б явища природному притяганню». Ні, фантазія Бекона не має нічого спільного з фантастикою середньовічного мракобісся. Це – світлий і мудрий мислитель з палкою вірою в силу людського розуму. «Бути могутньою і дивною личить природі, – каже він, – але мистецтво, що користується природою як знаряддям, ще могутніше, ніж природні сили, як бачимо багато в чому».

Роджер Бекон досяг особливо помітних результатів у галузі геометричної оптики, продовживши оптичні дослідження Альгазена. Досліджуючи дію сферичних дзеркал, він помітив, що промені, відбиті цими дзеркалами, не збираються в одній точці, тобто відкрив явище сферичної аберації. Він багато уваги приділив вивченню фізіології зору, виконав перші вимірювання фокусних відстаней лінз і вперше запропонував використовувати окуляри. Цікаві праці виконано ним з дослідження запалювальної здатності дзеркал, довівши, що найбільшу таку здатність мають параболічні дзеркала.

XIII ст. взагалі характеризується оживанням духовного життя. В цьому столітті працювали, крім Бекона, такі діячі, як знаменитий богослов Фома Аквінський, творець ідеалістичної філософії томізму; Вільгельм Оккам, що виступав проти ідеалістичної теорії про реальне існування загальних понять; Роберт Великоголовий, який займався оптикою. Цікаву фігуру являє П'єр Перегрін – рицар із Марікура, автор «Послання про магніт». В цьому творі виявлені хороші знання автором природних магнітів і їх властивостей, його досвід в роботі з магнітами; описана інструкція проведення досліду, який показує, що різнойменні полюси магніту притягуються, а однойменні – відштовхуються. Описана також конструкція магнітного інструмента, за допомогою якого визначають на горизонті азимут Сонця, Місяця і будь-якої зірки, а також проект вічного двигуна з магнітом. Твір П'єра де Марікура став видною віхою в ранній історії магнетизму.

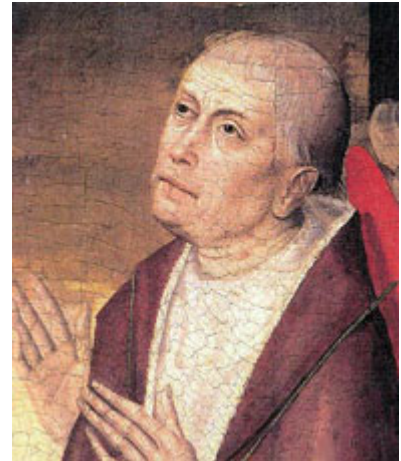
1.7. Наука в епоху Відродження

Після великого застою, характерного для епохи середньовіччя, з другої половини XV ст. починається швидкий розвиток науки і культури - епоха

Відродження. Це був найбільший прогресивний переворот з усіх, що пережило до того людство, епоха, яка потребувала титанів науки й яка їх породила.

На зміну схоластиці прийшов новий світогляд - механічний матеріалізм, який намагається всі явища природи пояснити за допомогою законів механіки і звести всю багатогранність світу до механічного руху однорідних частинок матерії. В розглядувану епоху цей механічний матеріалізм був у якійсь мірі прогресивним явищем.

Одним з перших провісників нового світогляду, що йшов на зміну середньовічній церковно-схоластичній ідеології, був німецький кардинал Микола Кузанський (1401-1464). Серед його творів, які вийшли в світ лише в 1515 р., головне місце належить трактату «Учене незнання». У цьому творі Кузанський повністю відкидає положення схоластичного світогляду про абсолютну нерухомість Землі, про те, що Земля міститься в центрі Всесвіту і утворює так званий «елементарний» світ, на противагу небесному, неруйнівному світу, і про обмеженість Всесвіту. Кузанський чітко висловив ідею про матеріальну



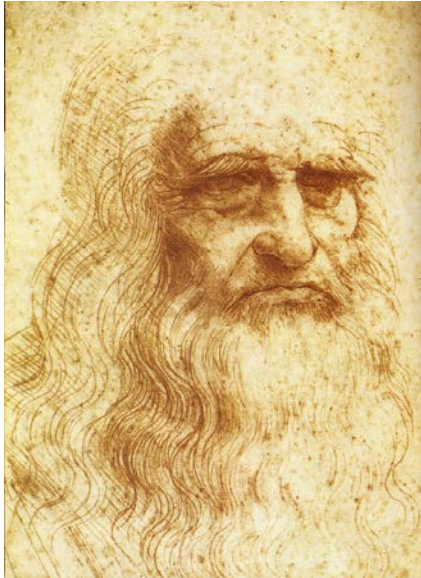
Микола Кузанський

єдність світу, підкреслюючи, що між земним і небесними світами немає ніякої різниці, що Земля таке саме тіло, як і Місяць, Сонце та інші планети. Він підкреслює, що Всесвіт безмежний і не має ніякого центру, що Земля, як і інші планети, рухається. Відносність руху Кузанський формулює так:... для нас ясно, що Земля справді перебуває в русі, хоч нами це і не спостерігається, бо ми відчуваємо рух лише порівняно з нерухомою точкою. Бо коли б хто-небудь сидів у кораблі посередині річки, не знаючи що вода тече, і не бачачи берега, то як би він дізнався, що корабель рухається? І, таким чином, оскільки всякий, чи перебуває він на Землі, чи на Сонці, чи на іншій якійсь планеті, гадає, що він перебуває в нерухомому центрі, а що все інше рухається. Завжди, напевне, така людина уявила б собі інші полюси; коли б на Сонці – інші, на Землі – інші, на місяці – інші і т. д.

У своїх працях Кузанський різко виступає проти схоластики в питанні про дослід як джерело пізнання. Рекомендуючи експериментально досліджувати природу, він описує цілий ряд дослідів, що стосуються механіки, гідростатики. Зокрема йому належать відомі дослід з вимірюванням часу падіння різних тіл: дерева, каміння, свинцевої кулі тощо. Пізніше ці дослід, повторені і узагальнені Г. Галілеєм, лягли в основу сформульованих ним законів падіння тіл. Крім цього, Кузанський запропонував провести ще цілий ряд дослідів з вимірювання глибини моря за часом впливання порожньої кулі, вимірювання вологості повітря за допомогою терезів, на одну з шальок якої покладено суху і стиснуту вовну тощо, а також описує різні експериментальні пристрої для проведення дослідів.

Ідеї Кузанського про матеріальну єдність світу і про дослід як джерело знань, які відіграли роль у боротьбі проти схоластики, було високо піднято і

всебічно розвинуто в працях геніального італійського мислителя і вченого Леонардо да Вінчі (1452-1519),



Леонардо да Вінчі

Леонардо да Вінчі був великим вченим і творцем у галузі мистецтва, архітектури, анатомії, фізики, математики, музики. Він є автором знаменитих картин «Темна вечеря», «Джоконда» та інші, а також великої кількості заміток і проєктів, у тому числі і фізико-математичних робіт. Але шифровані записи Леонардо да Вінчі не увійшли своєчасно в життя науки, і його багата спадщина не змогла суттєво сприяти науковому прогресу.

Леонардо да Вінчі різко виступив проти схоластичних псевдонаук – алхімії, магії, астрології. Він говорив, що з усіх людських думок найбожевільнішою є віра в чаклунство, сестру алхімії, а алхіміків він називав брехливими тлумачами природи. Леонардо да Вінчі закликав до дослідного вивчення природи, стверджуючи, що дослід є учителем тих, які добре писали, і що мудрість – дочка досліду, бо тільки ґрунтуючись на досліді, можна дістати позитивні результати в дослідженні природи.

Леонардо да Вінчі зробив важливі дослідження в галузі механіки, фізики, оптики, гідродинаміки. Він приділив багато уваги питанням статички, де досліджував умови рівноваги різноманітних важелів, користуючись при цьому методом сил; займався вивченням руху тіл по похилій площині; досліджував проблеми фізіології зору тощо. Да Вінчі був близький до відкриття явища інерції і закону інерції, які суперечили поглядам Арістотеля; зробив ряд цікавих спостережень, зокрема, що звукові або водяні хвилі можуть поширюватись, не заважаючи одна одній – наслідок принципу суперпозиції.

Він виступив провісником нової науки і в натурфілософських поглядах, відкидаючи протилежність між землею і небесною матерією. За ним Всесвіт не обмежений і Земля не перебуває в його центрі, а є таким самим небесним тілом, як й інші світила. Тяжіння є не тільки на Землі, а й на інших планетах. Рух Леонардо да Вінчі вважав основою всякого прояву життя. Він висловив важливі думки про походження Землі.

Леонардо да Вінчі завжди підкреслював важливість наукової теорії для практики. Як один із видатних інженерів-експериментаторів, він не тільки виконав велику кількість дослідів і точних спостережень, а й на основі цього висловив нові ідеї розвитку науки взагалі і космогонії зокрема.

1.8. Наукова революція Миколая Коперника

Треба було зробити ще один крок, щоб надати ідеям Кузанського та Леонардо да Вінчі точної математичної форми. І це грандіозне завдання здійснив польський учений-астроном Миколай Коперник, який у своїх працях не лише відкинув занепаду геоцентричну систему світу Птолемея, а й запропонував нову, геліоцентричну систему. З цього часу розпочалася велика

наукова революція .в природознавстві.



Миколай Коперник

Миколай Коперник (1473-1543) народився в польському місті Торун і рано лишившись без батька, виховувався в свого дядька - єпископа. Освіту почав з вивчення медицини й математики в Краківському університеті, продовжив навчання у Віденському і Болонському університетах. Деякий час читав лекції в Римі, У 1505 р. повернувся на батьківщину доктором церковного права і розпочав роботу над своїм твором.

Уже в 1506-1507 рр. Коперник,

аналізуючи геоцентричну систему Птолемея, прийшов до висновку, що вона хибна, і в своєму «Малому коментарі» сформулював поняття про відносність руху, обґрунтував обертання Землі навколо своєї осі й обертання Землі та інших планет навколо Сонця як центрального тіла. У 1530 р. Коперник повідомив своїх друзів про завершення роботи над своїм твором, але опублікувати його в той час не наважився. І тільки перед самою смертю йому принесли перші друковані примірники його знаменитого трактату «Про обертання небесних сфер».

Твір Коперника складається з шести частин. У першій, головній, частині він описав нову геліоцентричну систему, у другій – виклав сферичну астрономію і дав каталог зірок, інші частини присвятив розгляду руху планет, Землі, Місяця на основі запропонованої ним геліоцентричної системи світу. За цією системою планети обертаються по колових орбітах навколо нерухомого Сонця і розташовуються в такому порядку: найближче до Сонця Меркурій, далі Венера, Земля, Марс, Юпітер і Сатурн. За Сатурном на великій відстані розміщена сфера нерухомих зірок, якою й закінчується, за Коперником, Всесвіт.

Він показав, що Земля здійснює шлях по орбіті навколо Сонця за рік, а добове обертання навколо своєї осі за 24 години. Проте для нього лишилася загадкою незмінність напрямку земної осі, і для пояснення цієї обставини він запропонував ще і третій додатковий рух Землі. Причиною цього було те, що, намагаючись кінематично описати рух небесних світил, Коперник у своєму творі не торкається питань динаміки, тобто не досліджує зв'язки між рухами тіл і тими причинами, які викликають ці рухи. Це було одним з слабких місць в його системі. Хибним у Коперника було також положення, що планети рухаються по колових орбітах. На це вже вказав у своїх роботах знаменитий астроном Тіхо Браге, але визначити правильну форму орбіт він не зумів. Це зробив Йоганн Кеплер. Обмеженість філософських поглядів Коперника виявилася і в тому, що Всесвіт він обмежив сферою нерухомих зірок, але

разом з тим відмітив, що Всесвіт має дуже великі розміри, що на їх фоні віддаль від Землі до Сонця зовсім не помітна. Але всі ці промахи, неточності не применшують великої заслуги Коперника, вони були виправлені наступним розвитком науки, а на системі Коперника ґрунтуються і тепер наші уявлення про сонячну систему. Запропонована і обґрунтована Коперником геліоцентрична система була революційним актом відкритої боротьби природознавства з теологією, із схоластикою, і навколо цієї системи розгорнулася боротьба за новий світогляд і нову науку.

Першим мучеником цієї боротьби був великий італійський мислитель і вчений Джордано Бруно (1548-1600). Палкий послідовник і пропагандист вчення Коперника, Бруно своїми виступами проти схоластики, проти теології накликав на себе гнів керівників ордену домініканців, членом якого він був, і змушений був залишити свою батьківщину та виїхати спочатку до Женеви, потім до Парижа, згодом до Англії, Німеччини. За його активні виступи і обвинувальні промови проти церкви, за підтримку вчення Коперника церковники скрізь створювали йому нестерпну обстановку.



Джордано Бруно

У 1592 р. венеціанські власті запросили Бруно взяти участь у диспуті, він повертається на батьківщину, де відразу ж потрапляє в руки інквізиції. Незважаючи на нелюдські катування протягом семи років у в'язницях інквізиції, Бруно не зрікся своїх переконань, свого вчення, за що інквізиція вирішила його «покарати найпоблажливіше і без пролиття крові - спалити». Заслухавши свій смертний вирок, Бруно з великою гордістю заявив своїм катам: «Ви більше зазнаєте страху, виголошуючи мені вирок, ніж я, його приймаючи». В цих останніх словах великого мислителя була ще раз підкреслена справедливість його вчення, справедливість революційної системи Коперника. 17 лютого 1600 р. на одній з площ Рима Джордано Бруно було спалено на вогнищі.

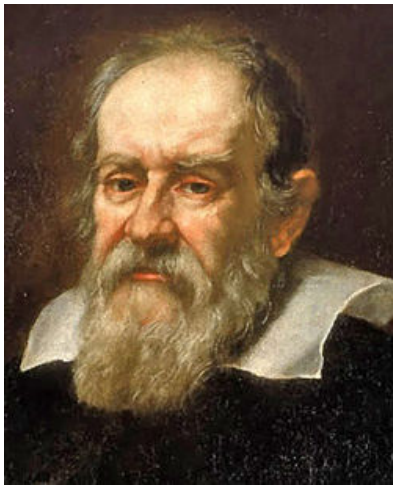
У своїх працях Бруно стверджував вчення про матеріальність природи і обґрунтовував думку, що в природі все змінюється. Розвиваючи далі вчення Коперника, він чітко сформулював думку про нескінченність Всесвіту і про множинність існування у ньому світів, подібних до нашої сонячної системи. Бруно переконливо доводив несправедливість принципу ієрархічності в природі, відкидаючи всяку різницю між елементною і небесною матеріями; він говорив про відсутність нерухомих центрів і про Всесвіт як єдиний організм, що живе своїм внутрішнім життям.

Цілком зрозуміло, що вчення Бруно, яке до основ руйнувало церковні догми про природу і всесвіт, викликало люту ненависть церковників і їх жандарма – інквізицію. Твори Бруно нещадно знищувалися, їх палили. Але ніщо не могло затримати переможну ходу наукової революції, нового світогляду.

Розділ 2. Становлення фізичної науки

2.1. Початок наукової діяльності Галілея

Першочерговим завданням діячів нової науки була боротьба із старим світоглядом і утвердження нового. Вогнище мученика науки Джордано Бруно, яке запалало 17 лютого 1600 р., свідчило не тільки про запеклість цієї боротьби, – воно символізувало світанок нового дня науки, в настанні якого був упевнений і Бруно, який кинув суддям горді слова: «Ви більше зазнаєте страху, виголошуючи мій вирок, ніж я, його приймаючи». В утвердженні цього нового дня науки вирішальну роль відіграла героїчна боротьба Галілео Галілея за новий світогляд. Саме з Галілея бере початок фізика як наука, а Галілея вважають основоположником сучасного точного природознавства. Період від Галілея до Ньютона являє собою початкову фазу фізики, період її становлення.



Галілео Галілей

Галілей народився 5 лютого (за старим стилем) 1564 р. в м. Піза. Рік народження Галілея – рік смерті Мікеланджело, рік народження Вільяма Шекспіра. Батько Галілея був небагатим дворянином, музикантом і математиком. І сам Галілей згодом був знавцем і цінителем музики. Як відзначає перший біограф Галілея, його учень Вівіані, Галілей ще з дитинства виявляв свої експериментаторські здібності. Він майстрував власноручно механічні іграшки, конструював діючі моделі машин, млинів, кораблів. Мабуть, з дитинства у Галілея розвинулися надзвичайна спостережливість і допитливість. Учився Галілей спочатку в монастирській школі, потім в університеті в Пізі (батьки його в цей час жили у Флоренції). Батько гадав зробити із сина лікаря і віддав його на медичний факультет. Але, слухаючи випадково лекції професора математики Річчі і читаючи Евкліда та Архімеда, Галілей виявив винятковий інтерес і здібності до математичних наук. Оцінка Річчі здібностей юного математика і прохання сина привели до того, що батько погодився перевести Галілея на філософський факультет, де він вивчає математику й філософію. Уже в студентські роки Галілей робить відкриття великої наукової і практичної важливості – відкриває закон ізохронності коливань маятника. За розповіддю Вівіані, відкриття закону сталося при таких обставинах: «завдяки гострому розуму він винайшов простий і правильний спосіб вимірювання часу з допомогою маятника, ніким до нього непередбачений. Для цього скористався випадковим спостереженням коливань люстри, коли був у Пізанському соборі, зробив точний дослід, переконався в рівній тривалості коливань, і йому тоді ж спало на думку пристосувати маятник до медицини для вимірювання биття пульсу, на диво і захоплення лікарів, і в тому вигляді, як це і тепер вживається. Цим відкриттям він потім користувався у багатьох дослідках для вимірювання часу і рухів і перший застосував його до спостереження небесних тіл, чим досягнув нечуваних наслідків в астрономії і географії».

Як бачимо, в історії першого відкриття Галілея різко виявилися риси, що характеризують його як ученого нового типу. Виявилась спостережливість Галілея, з-під уваги якого не випадали, здавалося б, незначні і тривіальні явища, виявилось, далі, вміння робити наукові узагальнення з досліду, і, нарешті, оцінка практичної значимості здобутих наслідків. Про все це свідчить розповідь Вівіані, яку він закінчує такими словами: «Звідси він (Галілей) зробив висновок, що явища природи, якими б незначними, якими б в усіх відношеннях маловажливими не здавалися, не повинні бути зневажені філософом, але всі повинні бути в однаковій мірі шановані. Природа, – мав він звичку говорити, – досягає великого малими засобами, і всі її прояви однаково дивні».

Експериментальні обдарування Галілея виявилися і в сконструйованих ним гідростатичних терезах, описаних у творі 1586 р. Здібності Галілея стають помітними. Молодий учений набуває зв'язків з впливовими особами; в 1587 р. він їде в Рим, де, між іншим, знайомиться з Гвідо-Убальді, маркізом дель-Монте. За протекцією останнього він дістає місце професора в Пізанському університеті з найнижчим окладом. Читаючи лекції з філософії і математики, молодий учений незабаром переконався в безпідставності поглядів перипатетиків. З допомогою дослідів з паданням тіл він виявив неправильність твердження Арістотеля про пропорційність швидкості падання вазі тіл. Його виступи проти Арістотеля викликали роздратування у представників казенної схоластичної науки. Почалося цькування молодого вченого. Матеріальна незабезпеченість змусила його погодитися на пропозицію уряду Венеціанської республіки і перейти на роботу в університет м. Падуя в 1592 р.

В Падуї повністю розгорнулися блискучі обдарування Галілея. Тут сформувався його науковий світогляд і тут же склався план боротьби за зміцнення позицій нової науки. Працюючи в Падуйському університеті, Галілей здійснив велику серію відкриттів, які принесли йому світову славу. Там він у 1592 р. винайшов термоскоп – прообраз термометра, а у 1604-1609 – встановив закони руху тіла, кинутого під кутом до горизонту, і показав, що рух тіла по похилій площині є рівноприскореним.

2.2. Астрономічні відкриття Галілея

У Падуї, окрім відкриття окремих законів динаміки і винаходу термоскопу, Галілей збагачує астрономічну науку новими відкриттями. Тут же він розробляє фізичну й філософську аргументацію на користь системи Коперника. Можна з певністю сказати, що центральним завданням Галілея було створити таку аргументацію, фізично обґрунтувати геліоцентричну систему Коперника. Цьому центральному завданню, по суті, була підпорядкована вся інша діяльність Галілея. Але боротьба за систему Коперника була боротьбою за новий світогляд, боротьбою з реакційною церковно-схоластичною ідеологією. Галілей чітко усвідомлював усі труднощі цієї боротьби і розумів, що ця боротьба повинна бути підготовлена і науково, і організаційно дуже старанно, щоб забезпечити успіх справи. І Галілей, будучи у Венеціанській республіці, не забував про Флоренцію, встановлюючи зв'язки з керівними людьми і з такими впливовими

передовими флорентійцями, як Сальвіаті. Перший крок полягав у необхідності розвіяти несприятливе враження про систему Коперника у цих провідних людей.

Система Коперника в своїй основі була чисто кінематичною, питання динаміки Коперник не ставив. Ця система, здавалося, перебувала в такій кричущій суперечності із звичайним практичним мисленням, що навіть передові люди того часу не вважали за можливе приймати її серйозно. Переваги цієї системи були ясні тільки спеціалісту-астроному, а неспеціаліст вбачав у теорії тільки фантастичну гіпотезу. У переважній більшості вчених того часу система Коперника не зустріла підтримки. Потрібна була ґрунтовна аргументація на захист цієї системи. Галілей ясно уявляв собі стан речей. У листі до Кеплера від 1597 р. він пише:

«До думки Коперника я прийшов багато років перед цим і, виходячи з неї, знайшов ознаки багатьох природних явищ, які далеко не пояснюються з допомогою звичайних гіпотез. Написав багато міркувань і спростовань противних аргументів, які, проте, пустити в світ не наважився, наляканий долею вчителя нашого Коперника. У не багатьох здобув він безсмертну славу і безліччю – бо таке є число дурнів – осміяний і освістаний».

Але, працюючи в Падуї, головним чином, над питаннями прикладної математики й механіки, Галілей не уникає нагоди виступити проти космогонічних уявлень перипатетиків. Так, поява нової зорі в сузір'ї Змієноця в 1604 р. дала йому привід виступити проти вчення про незмінність небес. Ці виступи озлобляли його противників, і представники церковної науки почали вважати Галілея неблагонадійним. За ним почали стежити і, зокрема, листування Галілея з Кеплером – протестантом – було одним з доказів його неблагонадійності.

В 1608 р. голландець Ліпперсгей подав заявку на видачу йому патенту на підзорну трубу. На пріоритет у цьому винаході претендували троє осіб з Голландії (З. Янсен, Я. Меціус і Г. Ліпперсгей). Відомості про трубу почали поширюватись дуже швидко. Все це свідчило про актуальність винаходу. Дізнавшись про це, Галілей у 1609 р. почав думати про такий винахід і самостійно виготовив трубу, яка тепер має назву труби Галілея і використовується в біноклях. Об'єктив труби – опукла лінза, окуляр – угнута. Галілей всіляко намагався вдосконалював свою трубу, добиваючись кращого збільшення. Але головною його безсмертною заслугою було те, що він вперше направив трубу на небо. Галілей шукав на небі нових фактів, що підтверджують систему Коперника і спростують уявлення перипатетиків.

Дійсність виправдала сподівання Галілея і навіть перевершила їх. Він виявив багато нових зір, яких не можна бачити неозброєним оком; він довів, що Молочний Шлях складається з великого скупчення дуже малих зір. Телескоп відкрив на Місяці існування гір і западин, і, нарешті, Галілей побачив на небі наочний прообраз системи Коперника – чотирьох супутників Юпітера, що обертаються навколо нього, як і Місяць навколо Землі. Це знамените відкриття було зроблено 7 січня 1610 р. трубою з 30-кратним збільшенням.

В книзі «Зоряний вісник» Галілей починає свою боротьбу за легалізацію і пропаганду системи Коперніка. Він присвячує її новому Тосканському

герцогу, колишньому своєму учневі Козімо Медічі. Він упевнений, що його відкриття принесе великий успіх його справі. І справді, герцог Тосканський запрошує його у Флоренцію, і він повертається на батьківщину. Його відкриття викликають захоплення в одних і явну неприхильність в інших представників казенної науки. Ці останні заявляли, що нове відкриття – обман зору, зумовлений застосуванням труби. Галілей надто добре знає ціну такої аргументації.

Тимчасом Галілей відкриває нові факти на користь системи Коперника: фази Венери, сонячні плями і супутники Сатурна. Сила цих нових фактів була така велика, що кількість прихильників нової системи «галілейстів» дуже збільшилась, і Галілей розраховував, що, незважаючи на протидію єзуїтів, йому вдасться добитися сприятливого ставлення до нового вчення в римській курії, і в 1611 р. їде в Рим.

Ця поїздка із зовнішнього боку була тріумфом Галілея. Його приймали високопоставлені особи. Князь Чезі, засновник так званої «академії рисьооких», прийняв Галілея у члени цієї академії, що мала на меті сприяти мистецтву та науці, і далі протегував йому. Навіть кардинали Белларміні (генерал-інквізитор), Барберіні (майбутній папа Урбан VIII) поставилися до Галілея прихильно. Прихильно поставився до нього і сам папа Павло V. Галілей виїхав з Рима, будучи цілком упевнений, що успіх справи забезпечений. Проте за цією прихильністю отців церкви ховалося глибоке недовір'я до Галілея. Не наважуючись ще відверто виступити проти Галілея, першокласного вченого і блискучого полеміста, який заручився могутньою підтримкою впливових кіл, вони вирішили потай підготувати контрнаступ. Уже в цей період у протоколах інквізиції з'являється ім'я Галілея і починається таємне слідкування за його діяльністю.

2.3. Боротьба Галілея за новий світогляд

З 1610 року починається напружений і драматичний період у житті Галілея. Повернувшись з Риму, Галілей з новою силою продовжує боротьбу за новий світогляд, за право людини бути вільною від усіх авторитетів. У 1612 р. він видає «Розвідку про плаваючі тіла», спрямовану проти вчення перипатетиків про вплив форми на плавання тіл. На початку твору Галілей вказує на свій намір продовжувати дослідження супутників Юпітера на основі уточненого ним методу визначення кутових відстаней світил. Він вбачає у явищах сонячних плям зміни на самому Сонці, що доводить його обертання навколо своєї вісі. Визнаючи обертання Сонця, Галілей пішов далі Коперника, дотримуючись вчення Джордано Бруно про множинність світів, вчення, засудженого церквою. Він став прибічником вчення Миколи Кузанського і Бруно, яке заперечувало наявність будь-якого нерухомого тіла у світі. В цьому творі Галілей виступає не тільки з новими філософськими та космологічними поглядами, а й як засновник експериментального і математичного методів у природничих науках.

У 1613 році Галілей публікує «Повідомлення і міркування, що стосуються сонячних плям та їх властивостей, які містяться у трьох листах, написаних Марку Вельзеру». В листах Галілей повідомляє про відкриття фаз Венери і про значення цього відкриття для системи Коперника.

Проте церква не мала потреби у наукових дискусіях і не збиралась брати до уваги наукову аргументацію. Вона не здавалась перед лицем нових фактів, громила вчення Коперника і Галілея, проголошуючи його несумісним з священним писанням. В 1615 р. на Галілея в інквізиції з'являється донос. В 1616 р. священна конгрегація оголосила вчення Коперника єретичним, а його прихильників – єретиками. Вороги Галілея після опублікування декрету про заборону вчення Коперника поширили чутку, що Галілея піддали церковному каяттю, і що він зрікся свого вчення. Все це примусило Галілея перейти до нелегальної боротьби за ствердження системи Коперника.

Найбільш значимим документом періоду нелегальної боротьби до виходу книги «Діалоги» є твір Галілея «Пробірна вага», який вийшов у 1623 р. Він доводить, що система Птолемея хибна і суперечить фактам. У цей же період у нього виникає думка написати книгу, в якій у систематичній формі була б викладена наукова аргументація за систему Коперника. Галілею спадає на думку написати її у формі діалогу-диспуту. Ця форма давала йому змогу розраховувати на дозвіл книги до друку, бо у формі гіпотез, що підлягають дискусії, можна було захищати все що завгодно. У 1630 році Галілей повіз рукопис книги в Рим, щоб випросити дозвіл на її друкування. Рікарді – головний цензор – дозвіл дав, але запропонував дати до книги передмову, в якій було б сказано, що тут думка Коперніка дискутується, але не береться за істину.

Знаменита праця Галілея «Діалог про дві системи світу» вийшла у Флоренції в 1632 році. Ця праця складається з 4 діалогів, кожен з яких вважається відбувається протягом дня. Перший співрозмовник флорентієць Сальвіаті висловлює точку зору Галілея і іноді прямо апелює до його наукових результатів. Другий співрозмовник венеціанець Сагредо. Третій співрозмовник перипатетик Сімплічіо. Місце бесіди – Венеція, бесіди проводяться протягом чотирьох днів, на які й поділена книга.

«День перший» присвячується головним чином запереченню вчення перипатетиків про незмінність небесного світу, про наявність у світі двох субстанцій – елементної і субстантної і про корінну їх протилежність. Але нові зірки і сонячні плями, згідно Галілею, дозволяють стверджувати, що небесні тіла змінюються і не вічні.

«День другий» присвячується в основному обговоренню питання про добовий рух Землі. Бесіда цього дня посідає центральне місце в «Діалозі». Тут розглядаються фізичні аргументи проти системи Коперника, і в зв'язку з цим формулюються основні принципи сучасної динаміки: закон інерції, закон суперпозиції рухів і, нарешті, класичний принцип відносності Галілея, які повністю спростовують аргументи проти системи Коперника.

«День третій» починається з довгої дискусії про нову зірку 1604 року. Потім розмова переходить на головну тему про річний рух Землі. Тут виставляються астрономічні аргументи на користь системи Коперника: відкриття фаз Венери, сонячні плями, супутники Юпітера і, нарешті, звичайні астрономічні спостереження.

Предметом бесіди «Дня четвертого» обрані морські приливи і відливи, які Галілей помилково вважав доведенням руху Землі. Таким у загальних рисах є зміст знаменитої книги Галілея.

«Діалог» – це не трактат по астрономії чи фізиці, а педагогічна праця, направлена на заперечення аристотелізму і схильність чесних людей до нового світогляду, яке приносить із собою вчення Коперника. Те, що ця мета була повністю досягнута, доводить весь хід історії.

2.4. Фізичні погляди Галілея

«Діалоги» являють собою неоціненний документ для того, щоб судити про погляди Галілея. На основі висловлювань, розкиданих у різних місцях, ми можемо скласти досить повне уявлення про фізичні погляди і філософські позиції Галілея, про його погляд на природу та її пізнання. Іншою працею, в якій містилися фізичні погляди Галілея, були «Бесіди і математичні докази про дві нові галузі науки», яка вийшла в світ у 1638 році і в якій, зокрема, містяться закони вільного падіння (пропорційність швидкості падаючого тіла часу падіння і пройденого шляху квадрату часу) закон додавання переміщень, вчення про опір матеріалів.

Фізика епохи Галілея була механікою, інших форм руху не знали. Процес перетворення форм руху одних у інші був складний і прихований. Видимим залишалося тільки те, що механічний рух міг виникати, знищуватися або змінюватися. Треба було поставити, хоча б формально, питання про *причину* цих змін – силу. Така постановка питання була безумовно необхідною і прогресивною, тому що, відволікаючи увагу дослідника від необґрунтованих фантастичних спекуляцій, вона зосереджувала увагу на точному описі явищ, дозволяла ввести в механіку математичний аналіз. Але в епоху Галілея ця дискусія ще не розгорнулася. На черзі насамперед постало питання про систему відліку. Як відомо, першим питанням кінематики є опис положення найпростішого об'єкта – точки. Математична схема такого опису – система координат – дана Декартом. Але як обстоїть справа з реальними рухами? Стара астрономія знала абсолютний спокій і абсолютний рух. Тіло, що спочиває щодо Землі, абсолютно спочиває, що рухається щодо Землі – абсолютно рухається. Існують, отже, принципово відмінні один від одного істинний спокій і істинний рух.

Коперник першим перемістив систему відліку на Сонце й описав астрономічні явища з погляду сонячного спостерігача. Галілей, що оцінив як астроном переваги системи Коперника, був поставлений перед необхідністю відповісти на цю аргументацію. Його аргументація на користь системи Коперника була настільки блискучою і непереборною, що в науці встановилася угода: систему відліку, зв'язану з центром сонячної системи, називати Галілеєвою. Але той же Галілей установив факт величезної принципової важливості: *будь-яка система відліку, що знаходиться в рівномірному і прямолінійному русі відносно галілеєвої, рівноправна з нею у відношенні опису механічних процесів*. Галілеєва система і системи, що знаходяться щодо неї в рівномірному, і прямолінійному русі, називаються інерціальними системами відліку, тому що в них справедливий закон інерції (як і інші закони Ньютона). Усі інерціальні системи рівноправні, – так можна сформулювати факт, установлений Галілеєм. Сам Галілей виражає цей принцип у «Діалогах».

Наступним кроком, початим Галілеєм, було встановлення раціональної

класифікації рухів. Галілей обмежується розглядом прямолінійних рухів. Але він знає принцип суперпозиції рухів і криволінійний рух кинутого тіла розглядає як результат сукупного виконання двох прямолінійних рухів. Тому спосіб Галілея є цілком загальним. Насамперед Галілей дає чітке визначення рівномірного руху, під яким він розуміє такий рух, у якому «відстані, які проходить рухоме тіло за будь-які рівні проміжки часу, рівні між собою». За Галілеєм, швидкість у даний момент може бути визначена швидкістю тіла, що рухається рівномірно з набутою в даний момент швидкістю. Встановлення функціонального зв'язку між швидкістю і часом – найважливіша заслуга Галілея. Думка про те, що падаюче тіло проходить, починаючи з нульової, усі ступені швидкості до остаточної швидкості падіння, була новою і важкою. Галілей наполегливо розвиває цю думку й у «Діалозі» і в «Бесідах».

Галілей порушує питання про причини, що обумовлюють той чи інший характер руху. Насамперед постає питання: чому при рівномірному русі тіло зберігає свою швидкість? Перипатетики вважали, що швидкість підтримується насильно. Галілей підходить до думки, що це природна властивість тіл. У «Діалозі» Сальвіаті порушує питання про рух тіла по похилій площині вниз. Симплічіо відповідає, що такий рух буде прискореним. Сальвіаті ставить далі питання про рух тіла по похилій площині вгору. Підсумки дискусії він підводить в наступних словах:

«Таким чином, ви зобразили, здається мені, рух тіла на двох різних площинах. На похилій площині, говорили ви, важке тіло рухається вниз прискореним рухом і, щоб його утримувати в спокої, потрібно ужити силу; на висхідній площині сила, напроти того, потрібна, щоб гнати його нагору, а також, щоб його там удержати. Наданий йому рух, говорили ви далі, при цьому постійно слабшає, поки не припиниться зовсім. Далі ви стверджували ще, що в тому і іншому випадку на рух впливає нахил площини: при більшому нахилі швидкість руху значніша, ніж при меншому, а при тій же силі дане тіло по висхідній площині підіймається тим далі, чим менше нахил. Тепер скажіть, що буде з тим же тілом на площині, що ні вниз не спускається, ні нагору не підіймається».

У результаті відповідей з'ясовується, що тіло, що одержало поштовх, у відсутності опорів буде рухатися стільки часу, «скільки вистачить площини, що не представляє ні спуску, ні підйому». Недолік формулювання Галілея полягає в тому, що він не може відвернутися від дії ваги й у «Діалозі» дійде висновку, що такою нескінченною «площиною» є поверхня земної кулі.

Галілей насамперед руйнує перипатетичну оману, що швидкість падіння важкого тіла пропорційна вазі. Його знаменитий дослід з падінням тіл різної ваги добре відомий. Менш відома логічна аргументація, якою Галілей доводить неспроможність точки зору Аристотеля. Нехай великий камінь падає з деякою швидкістю, скажемо 8 одиниць. Ця швидкість цілком, по Аристотелю, визначена його вагою і висотою падіння. Нехай малий камінь падає зі швидкістю 4 одиниці. Якщо скласти ці камені, то швидкість, з одного боку, повинна бути менше 8 одиниць (її зменшує малий камінь), з іншого боку, оскільки камінь важить більше, вона повинна бути, по Аристотелю, більше 8 одиниць. Виходить протиріччя, яке можна усунути допущенням, що

тіла падають з однаковим прискоренням.

Галілей не обмежився теоретичними доказами і приступив до їхньої дослідної перевірки. Справа ця була надзвичайно важкою. Безпосередня перевірка законів для вільного падіння була власне кажучи неможлива, через відсутність надійних і зручних годинників. Необхідно було одержати менші прискорення, і Галілей скористався для цієї мети похилою площиною, здійснивши серію класичних дослідів, які стали важливим надбанням фізичної науки.

2.5. Основи світогляду Галілея

Звертаючись до філософських позицій Галілея, з його творів можна зробити висновок, що він не сумнівався у об'єктивному існуванні матеріального світу.

Віра в могутність людського розуму була однією з найхарактерніших рис світогляду Галілея. Тому його світогляд є глибоко оптимістичним і прогресивним. У питаннях теорії пізнання Галілей посідає цілком матеріалістичну позицію. Знання наші мають своїм джерелом практику, чуттєві спостереження. Галілей різко протестує проти всякої містики в науці. Засновник математичного методу у фізиці, він чужий деякому піфагорізму, такому модному в той час. Він знає ціну математиці і міць математичних методів у пізнанні природи; він знає, що ця сила зумовлена відповідністю законів логіки законам зовнішнього світу, і для нього примат лишається за зовнішнім світом.

Галілей також встановлює, як визначаються просторові виміри (координати). Його спосіб – зародок методу координат. Найкоротша віддаль між двома точками – пряма – визначає довжину; перпендикулярна до неї пряма – найкоротша віддаль точки на площині від цієї прямої – визначає ширину площини. Довжина прямовисної лінії від цієї площини визначає висоту. Три виміри простору задаються трьома перпендикулярами з однієї точки, а таких перпендикулярів може бути тільки три. Отже, тривимірність простору визначена тим, що його протяжні властивості визначені евклідовою геометрією. Цей факт, який не має в собі нічого містичного, так само природний, як природне і те, що в евклідовій геометрії пряма – найкоротша віддаль між двома точками.

В «Діалозі» Галілей встановив принцип відносності. Заперечуючи існування нерухомого центра з філософських міркувань, Галілей тим самим заперечував наявність абсолютного руху в природі, і фізичне формулювання принципу відносності було логічним результатом його поглядів на необмеженість світу. Такою глибиною думки й розумінням природи руху та спокою Галілей став на голову вище не тільки від своїх сучасників, а і Ньютона, який допускав абсолютний і нерухомий простір.

Галілей поставив також питання про єдине походження сонячної системи, тим самим дав нову аргументацію на користь коперникової системи.

«Діалоги» Галілея викликали сенсацію у наукових колах усіх країн і бурю серед церковників. Негайно почалася компанія єзуїтів проти автора книги. Папа Урбан VIII дає наказ почати проти Галілея процес. 23 листопада 1632 р. Галілей одержує розпорядження інквізиції з'явитися в Рим. 2-го

квітня 1633 р. відбувся перший допит Галілея. Його обвинувачують у порушенні декрету конгрегації від 5 березня 1616 р. Галілей відкидає звинувачення, твердячи, що книгу писав у формі диспуту і на протязі книги тримається коперникової думки тільки як припущення.

Ніч напередодні засудження з 21 на 22, а також весь день 22 червня Галілей проводить у тюрмі інквізиції. Криваві «пси господні» (це буквальный переклад слова «домініканці») виконанням погрози про катування намагалися зламати до кінця дух Галілея, щоб забезпечити цілковитий успіх зречення. 22 червня 1633 року Галілея було перевезено в домініканський монастир св. Міневри, де й відбулося зречення.

Але Галілей не здався. Він продовжує в глибокому підпіллі боротьбу зі своїми противниками і завершує справу свого життя створенням «Бесід і математичних доказів про дві нові науки» («Discorsi»). Ця книга є вершиною наукової творчості Галілея. Основи механіки, акустики, молекулярної фізики і вчення про опір матеріалів – таким є зміст цієї гідної подиву книги. Арістотелівська фізика була остаточно добита цим твором.

Галілей не безброївся і щодо астрономічних поглядів. Позбавлений змоги внаслідок заборони, а також втрати зору вивчати астрономію, Галілей у кількох висловлюваннях у листуванні, як і раніше, картає нікчемність космологічних уявлень своїх противників.

Вихід з друку «Бесід» був несподіваним подарунком Галілею з боку його учнів і останньою радісною подією його життя. Сили покидали його. 8 січня 1642 року Галілей помер. Коли він помирав, крім сина, невістки і двох учнів були присутні два представники інквізиції, яка не залишала Галілея і після смерті. Лише у 80-х роках XX століття Ватикан визнав свою помилку у засудженні вчення Коперника і Галілея.

Підсумовуючи сказане, Галілей не лише завдав нищівного удару по реакційному теологічному світогляду, але відіграв вирішальну роль в утвердженні системи Коперника, у ствердженні нового світогляду. Він заклав основи нового уявлення про природу і її закономірності, про матерію і рух, розробив і взяв за основу науки експериментальний метод, що стало початком нового періоду в розвитку природознавства – періоду, в якому фізика оформилась в самостійну науку.

2.6. Роботи І.Кеплера з оптики і небесної механіки

Терор церкви, який впав на Дж. Бруно і Г. Галілея, не зміг зупинити наукового прогресу. В ті роки, коли інквізиція катувала Бруно, в Австрії з'явилась книга молодого астронома Іогана Кеплера (1571-1630), в якій автор шукає математичний вираз того спільного зв'язку між планетами, про який говорив ще Коперник. Ця перша книга Кеплера, видана в 1597 році, вийшла під цікавою назвою «Космографічна тайна». В ній, перебуваючи під впливом піфагорійців про всемогутню силу чисел, Кеплер поставив завдання знайти числові відношення між орбітами планет. Пробуючи різні комбінації чисел, він прийшов до геометричної схеми,



Іоган Кеплер

по якій можна було відшукувати відстані планет від Сонця. Незважаючи на помилковість побудови цієї роботи, вона зіграла свою роль у розвитку системи Коперника.

Свою роботу Кеплер відіслав видатному датському астроному Тіхо Браге (1546-1601) і Галілею. Т. Браге, який у свій час не прийняв роботи Коперника, досить холодно поставився до основної ідеї цієї роботи Кеплера, але виявив у її автора прекрасні навички обчислювача і запросив його до роботи у себе в обсерваторії. В 1601 р. після смерті Тіхо Браге в руки Кеплера попали журнали багаторічних спостережень, в яких з найвищою в ті часи точністю визначались положення Марса, по яким Кеплеру належало визначити дійсний шлях Марса навколо Сонця. Багаторічна важка праця Кеплера завершилась виходом в 1609 р. книги «Нова астрономія, або Небесна фізика з коментарями на рух планети Марс за спостереженнями Тіхо Браге». Він в ній сформулював перші два закони про рух планет:

1. Всі планети рухаються по еліпсах, в одному з фокусів яких перебуває Сонце.

2. Радіус-вектор, проведений від Сонця до планети, за рівні проміжки часу описує рівні площі.

Таким чином, Кеплер уточнив систему Коперника, зокрема, що траєкторія планет – еліпси, а не кола. Крім цього, в книзі висловлена думка про те, що тяжіння – властивість, притаманна всім небесним тілам.

В 1619 р. виходить новий трактат Кеплера «Гармонія світу», що містив третій закон небесної механіки: квадрати періодів обертання планет відносяться як куби великих півосей їхніх орбіт. Крім двох уже названих вище робіт, Кеплер є автором оптичних трактатів «Доповнення до Вітеллія» (1604), «Діоптрика» (1611).

У трактаті «Доповнення до Вітеллія» описана кеплерова теорія зору в якій виправлені помилки Алхазена, дано правильне пояснення короткозорості і далекозорості, приведена теорія камери-обскури, сформульовано один з основних законів фотометрії – закон оберненої пропорційності між освітленістю і квадратом відстані до джерела світла, введено поняття фокуса і дана формула лінзи.

В трактаті Кеплера «Діоптрика» дана теорія зорової труби, зокрема конструкція телескопа з випуклим окуляром, яку тепер називають кеплеровою. В цих працях розглядається хід променів у лінзах, отримано висновок про існування повного внутрішнього відбиття, знайдено фокусні відстані плоско-опуклої й двоопуклої лінз, викладена елементарна геометрична оптика.

З математичних робіт Кеплера найбільш відомі «Рудольфові таблиці» – це астрономічні планетні таблиці, над якими Кеплер працював більше 20 років. Названі вони були так на честь імператора Рудольфа II. Ці таблиці майже протягом двох століть служили морякам і астрономам, укладачам календарів і астрологам і тільки в XIX ст. були замінені більш точними. Своїми роботами по математиці Кеплер вніс великий вклад у теорію конічних перетинів, у розробку теорії логарифмів, сприяв розробці інтегрального числення й винаходу першої обчислювальної машини. Видатного німецького вченого все життя переслідували життєві негаразди. В

1628 р. він приходить на службу астрологом до полководця Валленштейна. Але гороскопи Кеплера, його незалежність і прямота не сподобалися грубому й честолюбному полководцеві, і Кеплер повертається в Лінц. Він робить численні поїздки в Регенсбург, клопочучи про видачу йому платні (за тридцятирічну службу він одержав усього лише восьмимісячний оклад). Під час однієї з таких поїздок він простудився, занедужав і помер 15 листопада 1630 р. у Регенсбурзі. Але, незважаючи на всі тяготи життя, Кеплер поставив і вирішив силою свого генія задачу про закони руху планет; він осяг світовий порядок і постиг його красу, він став творцем небесної механіки.

2.7. Необхідність нової методології і нової організації науки. Метод Фр. Бекона

На початок 17 ст. був підготовлений ґрунт для швидкого розвитку фізики. Стало зрозуміло, що аристотелева фізика суперечить новим відкриттям. Необхідність опори на нову методологію науки зрозумів англійський державний діяч і філософ Френсіс Бекон (1561-1626).



Френсіс Бекон

Син лорда хоронителя печатки Миколая Бекона, Франциск Бекон народився 21 січня 1561 року. Вчився в Кембриджі, потім у Парижі, підготовляючи себе до юридичної діяльності. Повернувшись на батьківщину після смерті батька він займається приватною юридичною практикою. Протекція фаворита королеви Єлизавети, графа Ессекса, відкриває йому шлях до державної кар'єри, і він дістає місце королівського стряпчого. Будучи на цій посаді, він склав обвинувальний акт проти свого покровителя, графа Ессекса, коли останній впав у немилість. Більше того, при дальшому обвинуваченні Ессекса в державній зраді королівський стряпчий Бекон підтримував обвинувачення. Ессекс був страчений, а після його страти Бекон склав «Оголошення про підступи і зради Роберта графа Ессекса». Кар'єра Бекона розвивається швидкими темпами після вступу на престол Якова I Стюарта (до речі, Ессекс був страчений по обвинуваченню у зносінах з Яковом). В 1604 р. він член таємної ради, в 1615 р. – генерал-адвокат, в 1618 р. – лорд-канцлер, в 1621 р. – барон Веруламський. В тому ж 1621 р. парламент, скликаний для розгляду фінансових претензій короля, виявив різке незадоволення політикою уряду й лорд-канцлера. Парламентська комісія встановила факт хабарництва з боку Бекона, його було усунено, засуджено до ув'язнення в Туєр і до сплати штрафу 40 000 фунтів. Король пом'якшив вирок і в 1624 р. його улюбленець дістає прощення. Проте до державної діяльності Бекон не повернувся і помер приватною особою 9 квітня 1626 р.

У 1620 р. Бекон написав книгу «Новий органон», в якій розкрив причини плачевного стану наук, найважливішими з яких є невірна ціль і неправильний метод науки, протидія науковому прогресу з боку богослов'я і схоластики. Бекон вважав, що необхідно допомогти науці новим методом і правильною

організацією.

Завдання нової методології Бекон вбачає в тому, щоб допомагати розумові добувати правильні закономірності зі спостережень над реальною дійсністю. Що така допомога потрібна, підтверджується аналізом помилкових думок, або «примар», властивих людському розумові. Цих «примар» Бекон налічує чотири:

1. «Примари роду» – кореняться в самій природі людини, в природі її розуму.
2. «Примари печери» – зумовлені індивідуальними особливостями людини, її вихованням, звичками, її «печерою».
3. «Примари ринку» – зумовлені суспільним життям, неправильним слововживанням.
4. «Примари театру» – не є природжені і не проникають у розум таємно, а відкрито передаються та сприймаються з вигаданих теорій та їх помилкових законів доказів.

В основу пізнання Бекон кладе дослід і саме дослід, а не первинне спостереження. «Подібно до того, як і в громадянських справах, обдаровання кожного і приховані риси душі та душевних рухів краще виявляються тоді, коли людина зазнає злигоднів, ніж у інший час, таким же чином і приховане у природі більше відкривається, коли воно зазнає впливу механічних мистецтв, ніж тоді, коли воно іде своєю чергою».

Отже, основна ідея методології Бекона полягає в тому, що наука повинна спиратись на дослід і практику, будуючи з них висновки методом індукції, тобто переходу від окремого до загального. Ці узагальнення знову перевіряються дослідом і практикою.

Разом з тим, Бекон вважав, що індукція є неповною і недосконалою без теоретичного аналізу і використання математики. Він стоїть на позиціях атомістики, стверджуючи, що «кожна природна дія здійснюється при посередництві самих малих частинок».

Бекон також добре розумів необхідність фінансування науки і організації наукових закладів. І дійсно, в 17 ст. почали виникати нові організації у вигляді наукових товариств і академій: перша – Флорентійська академія дослідів – організована в 1657 р. у Флоренції учнями Галілея. З 1645 р. в Лондоні збирається гурток любителів природничих наук, який у 1660 р. перетворюється у Лондонське Королівське товариство (Англійська Академія наук).

Сучасник Галілея монах Мерсенн (1588-1648) займався організацією взаємної наукової інформації шляхом переписування (його називали «людина-журнал»). З 1665 р. почали виходити праці Лондонського Королівського товариства – *Philosophical Transactions*. З 1682 р. в Лейпцигу виходить науковий журнал «*Acta Eruditorum*».

Розвиток науки підтвердив ідеї Бекона: дослідне природознавство стало фактом суспільної свідомості; були створені нові організаційні форми розвитку науки. В 17 ст. наука стає признаною суспільною силою, яка допомагала розвитку суспільного виробництва. Можна говорити про наукову революцію в 17 ст., в результаті якої виникла класична фізика (і не тільки вона), в тій формі і з тими методами пізнання, якою ми її сьогодні знаємо.

2.8. Метод Декарта. Фізичні погляди Декарта.



Рене Декарт

Одночасно з методом індукції Бекона французьким філософом Рене Декартом (1596-1650) в книзі „Міркування про метод”, яка вийшла у 1637 р., був обґрунтований метод дедукції, в якому проголошено основна роль логічного аналізу і строгої послідовності виведень. Математика в методі Декарта відіграє вирішальну роль.

Декарт походив із старовинної дворянської сім'ї. Народився 31 березня 1596 р. Освіту здобув в Єзуїтській колегії Ла-Флеш. З шістнадцяти років Декарт обирає звичайну для французьких дворян того часу військову кар'єру і провадить легковажне життя. З 1617 р. починається мандрування Декарта. Він подорожує по Європі, бере участь у Тринадцятилітній

війні. В 1624 р. їде до Голландії, де прожив 20 років. «Міркування про метод» (1637) і «Начала філософії» (1644) були основними творами Декарта, що завоювали йому і широке визнання, і численні неприємності з боку прибічників схоластики. У 1649 р. Декарт на запрошення шведської королеви Христіани переїжджає до Стокгольма. Проте, не відзначаючись надто міцним здоров'ям, Декарт не міг перенести холодного клімату і 17 лютого 1650 р. помер від запалення легенів.

Декартові належить заслуга розробки дедуктивного методу в умовах формування нової науки. Декарт різко виступає проти старої теоретичної схеми перипатетиків. Він вважає за необхідне створити нові принципи пізнання, нову філософію, що базується на твердому фундаменті. Шукаючи цього фундаменту, надійних принципів, Декарт піддає сумніву всяке положення, всякий факт, яким би очевидним він не здавався. Свідчення почуттів, звичайні логічні аргументи, загальнолюдський досвід, авторитет – все піддається його раціональному аналізу. Цей акт сумніву потрібний був Декартові для встановлення надійного вихідного принципу, первинної аксіоми. Таким принципом стало у нього відоме твердження: «мислю – отже, існую». Декарт – об'єктивний ідеаліст, точніше – дуаліст.

Метод Декарта - це метод аналізу й дедукції. З деяких простих аксіом необхідно логічно-дедуктивним шляхом дістати висновки, що стосуються окремих фактів або ведуть до встановлення нових зв'язків, нових взаємовідношень та законів. Але методологія Декарта не є суто раціоналістичною, що ігнорує дослід. Ні, дослід, за Декартом, є істотним елементом пізнання. Декарта треба вважати засновником програми й методу теоретичної фізики.

Цілком природно, що принципи Декарта приводять його до аналітичної геометризації фізики. Абстрактні числові співвідношення простіші й загальніші від геометричних; звідси впливає завдання зведення такої суто

геометричної властивості, як положення точки у просторі, до числової характеристики, і Декарт став творцем аналітичної геометрії. У своєму прагненні звести реальні речі до найпростіших і найзагальніших понять він приходить до висновку про ототожнення матеріальності і протяжності. *Протяжність* – загальна властивість усіх речей, її Декарт і оголошує єдиною ознакою матеріальності. *Світ Декарта* – це однорідний простір, або, що те саме, - протяжна матерія: «тіло, яке цілком густе та однаково заповнює всю довжину, ширину і глибину того величезного простору, посередині якого ми зупинимо наше мислення». Далі всі зміни, що спостерігаються у цьому просторі, зводяться до єдиної найпростішої зміни - механічного переміщення.

Декарт дав перший зразок виконання своєї програми і застосування свого методу в космогонії. Хоч Декарт вихідним пунктом свого світогляду вважає Бога, який створив матерію і рух, проте ніде так сильно не відчувається матеріалістичний дух фізики Декарта, як в його космогонії. Бог незмінний, а в природі все змінюється, рухається. Отже, з гідністю Бога несумісне втручання у справи природи, що змінюється. Декарт допускає, що природа була створена Богом у вигляді первісного хаосу її частин та їх рухів. За космогонічною гіпотезою Декарта всі ці частинки спочатку рухалися хаотично і були перемішані також хаотично. Створивши цей первісний хаос, з певною кількістю матерій, Бог далі, так би мовити, "самоусунувся" і дав природі діяти за власними законами. Ці закони встановлені Декартом в його основному творі "Начала філософії", який вийшов у 1644 р. Отже, Декарта можна вважати першим автором космогонічної гіпотези. Основною передумовою його космогонії є гіпотеза про подільність однорідної матерії на частини, що мають різну форму й величину.

Перше правило його космогонії являє собою узагальнення формулювання закону інерції. Друге правило являє собою закон збереження руху. Це первісне формулювання закону збереження енергії. Третє правило доповнює перший закон: тіло має здатність зберігати не тільки величину, а й напрям швидкості. Декарт гадає, що комети, планети належать до перехідних, суміжних вихрів, переходячи з одного світу в інший. Так Декарт висунув програму пояснення всіх явищ, починаючи від космічних і закінчуючи поведінкою живих істот з простих принципів механіки.

Декарт після Галілея зробив важливий наступний крок у дальшому розвитку динаміки. Він не був прихильником динамічної концепції, в якій поняття сили як активного начала, що оживляє матерію і зовні їй нав'язане, відіграє першорядну роль. Навпаки, Декарт стояв на позиціях скінченого світогляду, за яким основу світу становлять матерія і рух. Раз створені матерія і рух незнищенні, зрозуміло, що в такому погляді закон збереження руху відіграє першорядну роль, і окремим випадком такого закону є закон інерції. Декарт пише: «Гадаю, що природа руху така, що коли тіло прийшло в рух, уже цього досить, щоб воно його продовжувало з тією ж швидкістю і в напрямі тієї ж прямої лінії, поки його не зупинить або відхилить якась інша причина». Це формулювання Декарта своєю закінченістю і ясністю доповнює галілеївське формулювання, і в історії фізики звичайно дату встановлення закону інерції відносять до 1644 року – року виходу «Начал філософії» Декарта, де вперше він сформулював закон інерції.

Керівним принципом для Декарта є закон збереження кількості руху. Але він, як ми вже знаємо, підсумував кількості руху арифметично і нечітко відрізняв пружні тіла від непружних. Тому його теорія є помилковою, причому деякі помилки такі грубі, що досить елементарного досліду для їх спростування.

2.9. Виникнення експериментальних методів

2.9.1. Досягнення механіки у 17 ст.

Якщо звернутися до розгляду конкретних досягнень фізики в епоху виникнення буржуазної науки, то слід відмітити, що цей період (XVI-XVII ст.) характеризується не тільки розвитком механіки, де зокрема завершуються дослідження в галузі статички, а й розвитком інших галузей фізики – оптики, електрики, магнетизму тощо. Характерно, що всі ці розділи фізики розвивалися тоді відокремлено, ізольовано один від одного.

Відомо, що в античній статистиці ще залишились нерозв'язаними питання про похилу площину і рівновагу косого важеля (важеля довільної форми). Ці задачі були розв'язані голландським вченим С.Стевіном (1548-1620) і Г.Галілеєм. Стевін у трактаті «Начала статички» (1587) і Г.Галілей у праці «Бесіди і математичні докази, що стосуються двох нових галузей науки» запропонували удосконалене доведення закону важеля, дане Архімедом.



Симон Стевін

Питання про рівновагу тягарців на похилій площині вперше дослідив С.Стевін. Керівним принципом у його роботах із статички був принцип неможливості побудови вічного двигуна. Як вчений нового типу, Стевін свої математичні розрахунки перевіряє на досліді. Він робить висновок, що сила, яка скочує тіло з похилої площини, не дорівнює вазі, а в стільки разів менша від неї, у скільки висота площини менша за її довжину. Стевіну належить позначення сил стрілками, і він перший формулює правило рівноваги трьох сил, що сходяться у вигляді замкнутого трикутника.

Важливі узагальнення «золотого правила механіки», згідно з яким скільки виграється в силі, стільки програється в шляху або часі, запропонованого ще Героном Александрійським, були зроблені Галілеєм. Він не тільки користувався цим правилом механіки як загальним принципом статички, але дав йому нове формулювання і з успіхом застосував його до простих машин – важеля, блоків, похилої площини тощо.

Слід сказати, що XVII ст. стало кульмінаційним пунктом формування нової науки. Саме в цей період на зміну схоластиці з'явився новий світогляд, намітилася програма і були розроблені методи експериментальної науки, були знайдені нові форми організації науки і міжнародних наукових зв'язків.

У галузі механіки основна увага в XVII ст. була звернена на розробку таких трьох питань, як маятник, удар, тяжіння.

Питання про маятник пов'язане з ім'ям нідерландського вченого –

механіка, математика і фізика – Х. Гюйгенс (1629-1695), який в 1658 р. у праці «Маятникові годинники» описав сконструйований ним перший маятниковий годинник. Йому ж належить ідея про те, що за допомогою маятника можна вимірювати прискорення сили земного тяжіння g .

У 1668 р. Лондонське Королівське товариство оголосило конкурс для розробки теорії удару і майже одночасно ця теорія була створена математиком Ваалісом (1616-1703), архітектором Реном (1632-1723) і Гюйгенсом. Вааліс розробив математичну теорію непружного удару і зазначив, що сума кількостей руху (добутків мас на швидкість) до і після удару є величиною сталою. Рен і Гюйгенс проаналізували пружний удар. Рен



Христіан Гюйгенс

дослідив його експериментально, а Гюйгенс розробив теорію цього удару. Зокрема, він встановив, що при пружному ударі сума добутків мас на квадрати швидкостей (mv^2) співударних тіл зберігається. Пізніше Ньютон пов'язав питання про сталість суми mv^2 з третім законом динаміки. Найважливішим результатом теорії удару Гюйгенса було встановлення принципу збереження живих сил для пружного удару у замкнутих системах:

$$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = m_1 u_1^2 + m_2 u_2^2,$$

де v_1, v_2, u_1, u_2 – швидкості співударних тіл, а m_1 і m_2 – їхні маси.

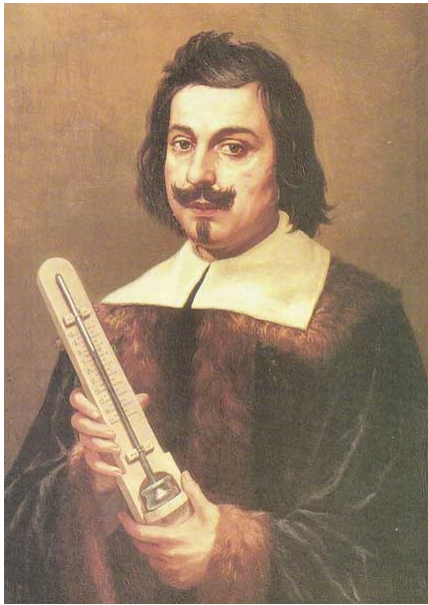
Гюйгенс застосував у своїй теорії принцип відносності і підкреслив, що швидкість рівномірного та прямолінійного руху системи, в якій розглядається удар, не впливає на процес співудару. Одночасно він дав формулювання закону інерції і визначив постулат, згідно з яким співударні пружні кулі однакової маси з протилежними швидкостями обмінюються своїми швидкостями, а кулі неоднакової маси і неоднакових швидкостей після удару віддаляються одна від одної з попередніми швидкостями.

Встановленням теорії удару завершувались передумови обґрунтування механіки, що згодом і здійснив І. Ньютон. Вивчаючи сили тяжіння, Галілей висловив ідею про намагання частин тіла до з'єднання і довів незалежність прискорення сили земного тяжіння g від маси m . Наступні важливі дослідження з теорії тяжіння належать видатному німецькому астроному Йоганну Кеплеру (1571-1630), який відкрив закони руху планет. Вперше ідею про всесвітнє тяжіння в 1643 р. висловив французький математик Ж. Роберваль (1602-1675), а італійський вчений Д. Бореллі (1608-1679) не тільки висловлює в своєму трактаті «Теорія планет Медічі» (1667) ідею про динамічну рівновагу рухомих планет, але і якісно розв'язує цю задачу. Важливе значення в підготовчій стадії встановлення закону всесвітнього тяжіння мали сформульовані Гюйгенсом положення про доцентрову і відцентрову силу, зокрема про доцентрове прискорення, і його математична формула в другому, доповненому виданні «Маятникових годинників» (1673).

Цими дослідженнями готувався ґрунт для наступного наукового стрибка, здійсненого І.Ньютоном, який встановив закон всесвітнього тяжіння і завершив математичну розробку системи механіки неба.

2.9.2.Відкриття атмосферного тиску

Галілей у своїй критиці фізичних концепцій Аристотеля ще не міг зректись від Арістотелівської концепції боязливості пустоти і поглядів флорентійських криничних майстрів, що вода не може бути витягнута насосом на висоту більше 10 м, обґрунтувавши це як наявність визначеної



Єванжеліст Торрічеллі

сили «боязливості пустоти». Але в свій час Галілей запросив до себе Єванджеліста Торрічеллі (1608-1647), який звернув на себе увагу працею про рух тіла, кинутого під кутом до горизонту. Торрічеллі став учнем і наступником Галілея. Він вперше доказав існування атмосферного тиску і отримав торрічеллеву пустоту. Виходячи з припущення, що ми живемо на дні повітряного океану, Торрічеллі запропонував Вівіані (1622-1703) виміряти цей тиск за допомогою запаяної трубки, заповненої ртуттю – так був сконструйований перший у світі барометр.



Роберт Бойль

Відкриття Торрічеллі викликало величезний резонанс. Декарт одразу запропонував ідею вимірювати атмосферний тиск на різних висотах. Ця ідея була реалізована французьким математиком, фізиком і філософом Блезом Паскалем (1623-1662). Паскаль дізнався про досліди Торрічеллі в 1644 р. Він повторив їх з ртуттю, водою, вином, ще стоячи на точці зору «боязні пустоти». Але, ознайомившись у 1647 р. з трактатом Торрічеллі, Паскаль шукає переконливих доказів правильності поглядів Торрічеллі. Поставлений ним дослід на горі

Пюї-де-Дом заввишки 4300 футів був тим *experimentum crucis* – вирішальним експериментом, який остаточно розв'язав питання на користь нової теорії. Різниця у висоті ртутного стовпа на горі і біля підніжжя становила 15 ліній. Паскаль також встановив залежність атмосферного тиску від погоди – так зародилась метеорологія.



Блез Паскаль

Пюї-де-Дом заввишки

4300 футів був тим *experimentum crucis* –

вирішальним експериментом, який остаточно розв'язав питання на користь нової теорії. Різниця у висоті ртутного стовпа на горі і біля підніжжя становила 15 ліній. Паскаль також встановив залежність атмосферного тиску від погоди – так зародилась метеорологія.

Відкриття тиску повітря мало величезне значення. Особливо важливий факт відкриття способу змінювати пружність газів по визначеному закону. Відкриття це відбулося при

наступних обставинах. Люттихський професор єзуїт Лінус висловив думку, що ніякого тиску атмосфери не існує, а стовп ртуті в барометрі утримується особливими невидимими нитками. Заперечуючи Лінусу, знаменитий англійський хімік Роберт Бойль (1627-1691) вирішив показати, як можна пружністю повітря зрівноважити вагу стовпа ртуті, і, узявши вигнуту трубку з запаямим коротким кінцем, підливав у відкритий кінець довгого коліна ртуть. Чим менше ставав обсяг повітря в закритому коліні, тим більшої довжини стовп ртуті врівноважував його пружність. Помічник Бойля Ричард Тоунлі помітив з таблиць Бойля, що пружність повітря змінювалася обернено пропорційно його об'єму. Бойль визнав справедливність цього висновку і довів його для тисків нижче атмосферного. Опис дослідів Бойля і формулювання його закону містяться в його творі «Захист доктрини, що



Едм Маріотт

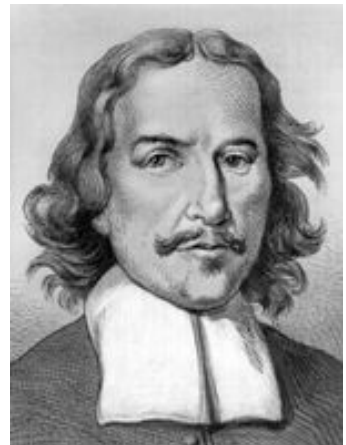
стосується пружності і ваги повітря» (1662 р.). У 1676 р. французький священник Едм Маріотт (1620-1684) у творі «Досліди про природу повітря» описує численні досліди по стисненню і розрідженню повітря, з яких він виводить основний закон незалежно від Бойля. Тут же він дає наближену барометричну формулу.

Подальший розвиток відкриття Торрічеллі привів до винаходу повітряних насосів.

Одним з перших творців насосів став магдебурзький бургомістр

Отто Геріке. Відомості про досліди Геріке з повітряним насосом

з'явилися значно раніше від його твору, що вийшов у 1672 р. під титулом: «Нові магдебурзькі досліди про пустий простір». Уперше досліди Геріке описуються у творі єзуїта Каспара Шотта «Гідравліко-пневматична механіка» (1657). Незважаючи на те, що в цій книзі говориться не тільки про торрічеллійову пустоту, а й описується повітряний насос, автор все ще дотримується аристотелівського уявлення про «horror vacui» («боязнь пустоти»), твердячи, що аристотелева пустота не є такою, а лише дуже розріджена повітрям. Геріке, допускаючи можливість існування пустоти, вважав за необхідне обґрунтувати цей погляд філософськими міркуваннями.



Отто Геріке

Спочатку Геріке намагався дістати пустоту відкачуванням води з наповненої бочки, але це не вдавалося: місце води одразу ж займало повітря. Після цього Геріке виготовив повітряний насос, пригвинчений до мідної кулі. Виявилося, що в міру розрідження поршень насоса насилу витягувався працівниками. Тоді Геріке закріпив циліндр насоса на триніжці, пригвинченій до підлоги, і приробив до рукоятки поршневого штока важіль. З цим насосом Геріке провів ряд дослідів з метою демонструвати повітряний тиск, у тому числі знаменитий дослід з магдебурзькими півкулями.

Суперником Геріке у винайденні насоса був знаменитий хімік Роберт Бойль. Дослідження Геріке, про які Бойль дізнався з твору Шотта, спонукали його зайнятися конструкцією насоса і експериментами з вакуумом. Насос Бойля був досконаліший від початкової форми насоса Геріке і завдяки

черв'ячній передачі на поршневий шток його могла привести в дію одна людина.

2.9.3. Гідростатика і гідродинаміка у 17 ст.

Істотні результати в 17 ст. були отримані у механіці суцільних середовищ. Трактати Стевіна, Галілея і Паскаля заклали основи гідростатики, відновивши в правах Архімеда і давши нове обґрунтування його знаменитому закону. Стевін у своїх «Принципах рівноваги» (1586 р.) доводить закон Архімеда, спираючись на принцип затвердіння. Уявимо собі рідину у посудині, що знаходиться в рівновазі. Очевидно, що рівновагу не буде порушено, якщо частина рідких часток утратить свою рухливість і деякий об'єм усередині рідини придбає властивості твердого тіла. Оскільки цей об'єм знаходиться в рівновазі, то очевидно, що вага його урівноважується діючою силою тисків з боків, що оточує виділений об'єм рідини. Таким чином, на тіло, занурене в рідину, діє сила, спрямована вертикально знизу нагору і рівна вазі рідини в об'ємі тіла.

У тому ж творі Стевін доводить експериментально і теоретично парадокс – незалежність вагового тиску від форми посудини – і обчислює тиск на бічну стінку. Усі ці розрахунки потрібні йому для з'ясування умов плавання тіл, у першу чергу кораблів. Стевін писав свої роботи голландською мовою, тому цілком зрозуміло, що вони залишилися невідомими Галілею і Паскалю. Галілей у своєму «Міркуванні про тіла, що перебувають у воді», спростовуючи думку перипатетиків про залежність плавання від форми тіл, відновлює закон Архімеда. Заперечення перипатетиків, що всяка плоска пластина повинна плавати, Галілей спростовує дослідом, відповідно до якого плоска пластина більшої питомої ваги, чим вода, не спливає. У зануренні чи плаванні тіл відіграє роль густина. Так, воскова кулька тоне у воді, але якщо до неї додати солі, то при належній концентрації вона спливає. Цікаво відзначити, що, визнаючи факт плавання плоских важких пластин, Галілей вказав, що такі пластини плавають у поглибленні поверхневої плівки. Галілею відомий факт утворення краплі води на капустяних листах і розтікання їх при змочуванні листа червоним вином. Від допитливого погляду великого вченого не вислизнули, таким чином, і явища, зв'язані з поверхневим натягом рідин. Його учні у Флорентійській академії (особливо Бореллі) упритул приступили до вивчення явищ капілярності. Але час для пояснення цих явищ ще не настав.

Блез Паскаль у своєму трактаті про рівновагу рідин розбирає питання гідростатики найбільш вичерпним чином: закон усебічної передачі тиску в рідині (закон Паскаля), обчислення вагового тиску і гідростатичний парадокс, закон сполучених посудин і принцип гідростатичного преса – усе це він виводить, широко застосовуючи принцип можливих переміщень. Класичні дослідження Паскаля про рівновагу рідин перейшли майже без зміни в шкільні підручники разом з його результатами у вивченні атмосферного тиску.

Теоретичний аналіз законів гідростатики й аеростатики був даний Ньютоном. У «Математичних началах натуральної філософії» Ньютон визначає рідину як тіло, «якого частини уступають усякій якій би то не було

прикладеній силі і, уступаючи, вільно рухаються друг щодо друга». Це визначення Ньютона охоплює як власне рідини, так і гази. Надалі Ньютон розглядає як нестисливу, так і стисливу рідину, приймаючи для останньої, що щільність її пропорційна тиску, тобто рідина підкоряється закону Бойля-Маріотта. Ньютон доводить, що якщо така стислива рідина буде знаходитися в полі центральних сил, то щільність її буде змінюватися з відстанню від центра за законом, що залежить від закону сили. Зокрема, в однорідному полі ваги густина, а отже, і тиск міняється з висотою по барометричній формулі, «як це знайшов славнозвісний Едмунд Галлей», – додає Ньютон. Галлей дав виведення барометричної формули в 1686 р. У висновку п'ятого відділу другої книги «Начал», у якому викладаються ці теореми, Ньютон показує, що закон Бойля-Маріотта може бути виведений математично, якщо припустити, що рідина складається з частинок, які взаємно відштовхуються із силами, обернено пропорційними відстані між їх центрами. Чи складається рідина насправді з взаємно відштовхуваних часток, є питання фізичне», – пише Ньютон. «Ми довели математично властивості рідин, що складаються з таких частинок, і надаємо фізикам привід досліджувати це питання». Фізично обґрунтоване виведення закону Бойля-Маріотта було дано Д. Бернуллі і М.В. Ломоносовим пізніше, на основі атомно-кінетичних уявлень.

Ньютон розглядає і питання кінематики і динаміки рідин. До нього перший істотний результат був отриманий Торрічеллі, що у 1646 р. знайшов відому формулу для швидкості витікання рідини з отвору. Гідродинаміка Ньютона особливо чудова в тім відношенні, що він вперше в науці почав теоретично досліджувати рух тіла у в'язкій рідині. Сьомий відділ другої книги його «Начал» відкривається знаменитою теоремою про подібність. Ця теорема визначає умови, при яких дві подібні механічні системи роблять подібні рухи, тобто рух другої системи в усьому (крім масштабу) копіює рух першої системи. Ньютон називає системи подібними, якщо вони складаються з однакового числа частинок, розташованих подібним чином.

Сформулювавши умови динамічної подібності, Ньютон вивів з них закон для сили опору тіла, що рухається у в'язкій рідині. Цей закон виражається формулою: $F = k\rho Sv^2$.

Дуже важливий восьмий відділ другої книги «Начал», у якому Ньютон розглядає передачу руху рідиною. Тут Ньютон розглядає закон поширення хвиль у пружному середовищі. Він показує, що хвилі при зустрічі з перешкодою відхиляються від прямолінійного поширення, і знаходить, що швидкість поширення хвиль у пружних рідинах прямо пропорційна квадратним кореням з їхньої пружності і обернено пропорційна кореням квадратним із густини, причому передбачається Бойлева залежність між пружністю і щільністю газу.

2.9.4. Дослідження теплоти в XVII ст.

Розвиток техніки експерименту відбився й у вивченні теплових явищ. Стародавні вчені розглядали теплоту і холод як особливі полярно-протилежні якості тіл. Більшого, ніж ці дуже не виразні й непевні уявлення, і не можна було вимагати від стародавньої науки, в якій фактичні відомості про теплові явища обмежувалися елементарними первісними спостереженнями. Галілей

першим зробив спробу перейти від непевних теплових відчуттів до більш об'єктивних показів теплового стану тіл, сконструювавши перший термометр, вірніше термоскоп. Цей термоскоп, який Галілей демонстрував на своїх лекціях у Падуї в 1597 р., мав таку будову. Скляна кулька, яка закінчується трубкою з відкритим кінцем, опускалась у воду. Вода піднімалась по трубці, і висота підймання змінювалася разом із зміною температури. Очевидно, що на покази термометра Галілея впливала не тільки температура, а й тиск атмосфери; до того ж прилад не мав шкали. Все ж перший крок у термометрії був зроблений. Флорентійські академіки радикально поліпшили термометр, додавши до нього шкалу з намистин і видаливши повітря з резервуара і трубки. Хоч шкала термометрів академіків лишалася довільною, їм усе ж вдалося констатувати сталість точки плавлення льоду.

Мабуть, Геріке був одним з перших, хто усвідомив потребу нанесення сталих точок на термометричній шкалі. Проте його сталі точки (середня температура приморозків у Магдебурзі і літня температура) були дуже не певними і не забезпечували однаковості показів. Вдосконалювання термометрів, зв'язане з іменами Ньютона, Амонтона, Деліля, Ломоносова і, нарешті, Фаренгейта, Реомюра і Цельсія, яке увінчалось побудовою сталої шкали, належить уже до XVIII ст.

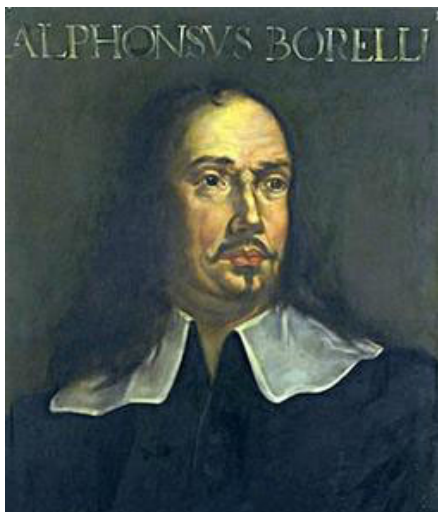
Поряд з барометром і термометром фізика й геофізика одержали у XVII ст. гігрометр. Гігрометр Флорентійських академіків являв собою жерстяну лінійку, наповнену товченим льодом. Пара конденсувалася на поверхні лінійки і стікала в підставлену вимірну посудину.

Моліне (1656-1698) запропонував гігрометр з прядивного шнура з тягарем і показчиком на кінці. Зміна вологості приводила до зміни довжини шнура, що і відмічалось показчиком. Даленсе у трактаті про барометри, термометри і гігрометри описує конструкцію гігрометра, що складається із слабо натягнутої паперової або шкіряної смужки, до середини якої підвішений тягар. Відзначимо, що в цьому трактаті Даленсе пропонує використати як сталі точки термометра точки танення льоду і коров'ячого масла.



Дені Папен

Розширення експериментальної бази привело до розширення запасу наукових відомостей. Було відкрито факт розширення води при замерзанні (флорентійські академіки, Бойль), спостерігалось поширення теплових променів (зниження показів термометра, поставленого у фокусі угнутого дзеркала, перед яким клали брилу льоду – флорентійські академіки), закипання води при зниженому тиску (Бойль). Взагалі залежність точки кипіння від тиску була встановлена Дені Папеном (1647-1712), який у 1691 р. опублікував опис свого котла із запобіжним клапаном.



*Джованні Альфонсо
Бореллі*

Уперше про капілярні явища згадує Леонардо да Вінчі. Дослід Торрічелі викликав інтерес до цих явищ, які, здавалося, мали ту саму природу, що і барометричне підняття ртуті. Але Бореллі (1670) показав, що капілярні підняття мають місце й у вакуумі. Він знайшов залежність висоти підняття рідини в капілярах від діаметра і запропонував своєрідну теорію капілярності: водяні частинки мають галузки – важелі, зачіпляючись якими за шорсткості стінок трубки вони піднімаються, поки вага стовпа рідини не компенсує втрати ваги частинками внаслідок дії важелів. Опускання ртуті в капілярах знайшов Фосс у 1666 р.

2.9.5. Оптика в XVII ст.

Винятковий розвиток пережила в XVII ст. оптика. На кінець століття вона перетворилась у розгорнуту, могутню галузь фізичної науки, яка змагається у своїх успіхах з механікою. Разом з останньою вона дала єдино надійний матеріал для теоретичних узагальнень, і теоретична боротьба, що розгорнулася навколо питання про природу світла, залишила дуже глибокий слід в історії фізики, переростаючи в драматичний конфлікт, розв'язаний у сучасній квантовій теорії.



Захарій Янсен і його мікроскоп



інструмента. Уже в 1590 р. Захарій Янсен винаходить мікроскоп, і в другій половині століття геніальний Левенгук, який добився виняткової для того часу досконалості своїх луп-мікроскопів, кладе початок мікробіології. Кінець XVI і початок XVII ст. проходять у напружених спробах конструювання

Розквіт оптики почався з удосконалення методів шліфування оптичних стекол і шукань збільшувальних труб. Піонером у розвитку оптотехніки була країна торговельного капіталізму, що бурхливо розвивався, – Голландія. Голландські купці добре розуміли значення для мореплавства зірних труб, а виробництво лінз, що широко розвинулось після винайдення окулярів, не залишало сумніву в можливості побудови такого



Антоні ван Левенгук

підзорної труби. Майже одночасно шліфувальник окулярів в Міддельбурзі Ганс Ліпперсгей і Яків Меціус подають заявку на видачу привілею на підзірну трубу. У суперечці про пріоритет зустрічається і ім'я 3. Янсена. Швидкість поширення винаходу в Європі, незважаючи на всі намагання Генеральних Штатів зберегти його в таємниці, найкраще свідчить про його актуальність.



Ганс Ліпперсгей

Далі поліпшити конструкцію оптичних приладів не можна було, не уточнюючи теорію, яка на початку XVII ст. була в зародковому стані. Досить сказати, що в ній ще панував птолемейський закон заломлення і теорія зору, за якою зображення утворюються в кришталіку. Уточненню закону заломлення і виправленню теорії зору присвячена перша чверть століття. Почин у цьому напрямі належить

геніальному Кеплеру. У 1604 р. Кеплер випустив оптичний трактат Вітеллія з коментарями. В цих коментарях Кеплер трактує кольори в дусі Аристотеля, але в галузі суто геометричної оптики він дає вже багато нового. Ним розроблена проста та ясна теорія камери-обскури, яку він ілюструє такою моделлю: в дошці пророблено вузький отвір, перед дошкою поставлено зображуваний предмет (наприклад, книжка); мотузка, що

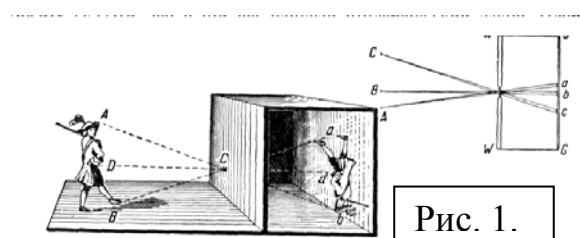


Рис. 1.

проходить через отвір, починаючись від однієї з точок зображуваного предмета, туго натягнута, і її вільний кінець на протилежній стіні описує при русі по краях отвору фігурку, подібну до отвору. З великої кількості таких

фігурок і складається зображення предмета, яке вже не залежить від форми отвору (рис. 1).

Досліджуючи заломлення, Кеплер встановлює непридатність закону Птолемея і пропонує нове формулювання, за яким кут заломлення складається з двох частин: частини, пропорційної кутові падіння, і частини, пропорційної секансу кута падіння. Кеплер намагався знайти зв'язок між заломлюючою здатністю речовини та її густиною, але Гарріот прислав йому таблицю, з якої випливало, що виразного зв'язку між заломлюючою силою і густиною немає.

Великим кроком уперед була кеплерова теорія зору. Конуси світлових променів, що виходять з різних точок видимого предмета, заломлюючись кришталіком, дають на сітчастій оболонці обернене зображення предмета. Акомодація ока досягається, за Кеплером, або наближенням сітківки до кришталіка, або стиском і розширенням його. Короткозорість і далекозорість зумовлені зміною кривизни кришталіка.

Дальший розвиток оптика Кеплера дістала в його знаменитій «Діоптриці», яка вийшла в 1611 р. Користуючись як першим наближенням законом пропорційності, Кеплер креслить хід променів у різних лінзах та системах лінз і дає проект своєї підзорної труби (рис. 2). Розраховуючи дію лінз, Кеплер

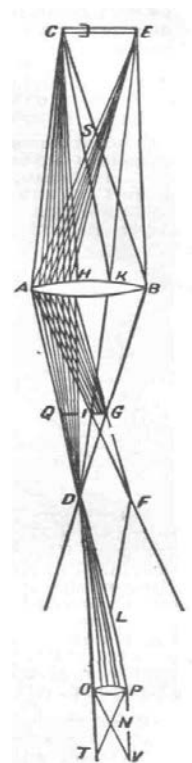


Рис. 2.

знаходить, що для плоско-опуклої лінзи фокусна віддаль дорівнює подвоєному радіусові кривизни, а для двоякоопуклої симетричної лінзи дорівнює радіусові кривизни.

Досліджуючи заломлення, Кеплер знаходить, що для скла кут заломлення не перевищує 42° . Ґрунтуючись на принципі оборотності світлового променя, він звідси робить важливий висновок про існування повного внутрішнього відбиття: якщо світло йде із скла у повітря під кутом, більшим 42° , воно заломлюватися не буде, а повністю відіб'ється.

Теоретичні побудови Кеплера були підтверджені дослідami Шейнера. Теорію зору Шейнер перевіряв на дослідах з вирізаним бичачим оком, із задньої сторони якого були видалені всі оболонки, крім сітківки. Крім того, Шейнер показує обернений характер зображення на такому досліді. Якщо в аркуші картону зробити шпилькою отвір і розглядати через нього полум'я, а потім проводити між полум'ям і отвором вістрям ножа знизу вгору, то око побачить, що спочатку зникає верх полум'я. Шейнер досліджував заломлюючу здатність різних частин ока і прийшов до висновку, що заломлююча здатність кришталика така сама, як у скла, у водянистої вологи, як у води, а у скловидної – проміжна між склом і водою. Нарешті, Шейнер сконструював за проектом Кеплера телескоп і застосував його для спостереження сонячних плям.



Марк Антоній де Домініс

самим тілам, і позірних, зумовлених модифікацією світла на поверхні тіл.

Домініс дослідив явище райдуги. Це явище він відтворив у скляних кулях, наповнених водою, причому Домініс показав, що райдуга утворюється у відбитому світлі. Чергування її кольорів, як він думав, цілком підтверджувало теорію призматичних кольорів.

У тому ж 1611 р., в якому вийшла «Діоптрика», вийшов і трактат Домініса, в якому вперше розглядається дисперсія світла у призмі. Теорія призматичних кольорів Домініса ґрунтується на концепції Арістотеля. Світло, яке пройшло більшу товщину в призмі, буде змішане з більшою кількістю темноти (фіолетовим), світло, яке пройшло меншу товщину, буде яскравішим (червоним). Проте в питанні про кольори Домініс займає проміжну

позицію, припускаючи існування в природі двох видів кольорів:

справжніх, властивих



Віллемброрд Снелліус

У 1626 р. помер голландський математик Віллеброрд Снелліус. В його паперах було знайдено оптичний трактат з формулюванням закону заломлення, правда, відмінним від звичайного: закон Снелліуса підтверджує сталість відношення косекансів кутів падіння і заломлення.

Невідомо, чи був обізнаний Декарт з трактатом Снелліуса, як це твердили Гюйгенс та інші, але в усякому разі йому належить перша друкована публікація закону заломлення вже в сучасній формі. Сам Декарт про Снелліуса не згадує і обґрунтовує свій закон теоретично.

Оптика Декарта викладена в двох додатках до його «Міркувань про метод» (1637) і, крім того, їй присвячено незакінчений космогонічний трактат. Світло Декарт розглядає як процес передачі тиску, який чинять частинки світлого тіла на ефірне середовище, що їх оточує. Таким чином, Декарт, по суті, є засновником хвильової теорії світла. Проте він заперечує скінченність швидкості світла і вважає, що світло передається вмить. Але при виведенні закону заломлення Декарт робить гіпотезу, що швидкість передачі світлового тиску скінченна і тим більша, чим густіше середовище. Якщо кулька другого елемента дістає в першому менш густому середовищі швидкість C_1 , а в другому середовищі швидкість C_2 то, за Декартом,

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{C_2}{C_1}.$$

Отже, відношення синусів кутів падіння і заломлення – лишається сталим і дорівнює оберненому відношенню швидкостей.



П'єр Ферма

Висновок Декарта зазнав різкої критики з боку Гоббса й Ферма, які вважали неприйнятними основні передумови висновку. Ферма висунув на противагу Декарту принцип найменшого часу для світлового шляху. Цей принцип застосував Герон Александрійський до явища відбиття. Ферма застосував його до заломлення.

Закон заломлення має такий вигляд:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{C_1}{C_2},$$

тобто показник заломлення дорівнює прямому відношенню синусів. Як відомо, до того ж результату приводить доведення Гюйгенса, яке ґрунтується на його принципі. Доведенню Гюйгенса передувало міркування про «Солдатський фронт», яке було наведене в 1648 р. патером Меньяном і використане Барроу в його лекціях з оптики для обґрунтування закону



Христіан Гюйгенс

заломлення. Суть міркування зводиться до того, що при переході з одного середовища в друге світловий промінь міняє напрям так само, як міняє напрям солдатський фронт, коли поле, по якому йдуть солдати, перегороджується ріллею і межа іде похило до фронту. В результаті відношення синусів дорівнюватиме прямому відношенню швидкостей. Отже, за теорією Ферма-Гюйгенса, швидкість світла в пустоті повинна бути більшою від швидкості світла в середовищі, тоді як за теорією Декарта-Ньютона має бути навпаки. Як відомо, дослід Фуко розв'язав питання на користь першої теорії, хоч треба відзначити, що у хвильовій теорії питання про швидкість стоїть не так просто, як це думали засновники теорії.

Декарт дав і уточнену теорію райдуги. Теорія його була суто геометричною і кольорів райдуги не пояснювала. Як перше наближення, вона міцно ввійшла в капітал фізичної науки.

Свої висновки Декарт перевіряв експериментально з кулею, наповненою водою. Піднімаючи кулю, він переконався, що кольори з'являлися, коли напрям відбитих променів становив з напрямом прямих сонячних променів кут, який дорівнює приблизно 42° . Спочатку з'являвся червоний колір, потім інші. При дальшому збільшенні кута ця внутрішня дуга зникає і при кутах $51-52^\circ$ з'являється слабкіша зовнішня дуга. Як ми говорили, Декарт не дав пояснення кольорів, і тільки Ньютон доповнив теорію поясненням чергування кольорів і обчисленням ширини дуг.



Бонавентуре Кавальєрі

Відкриття закону заломлення дало змогу перейти до розроблення основ розрахунку оптичних систем. В 1647 р. Б. Кавальєрі у творі «Шість геометричних вправ» встановлює положення, що в усіх опуклих або угнутих сочевицях з радіусами, зверненими в протилежні сторони, сума радіусів кривизни обох поверхонь сочевиці відноситься до радіуса тієї кривизни, яка звернена до променів, що падають паралельно, як подвоєний радіус кривизни другої поверхні відноситься до фокусної віддалі. Формула Кавальєрі

$$\frac{R_1 + R_2}{R_1} = \frac{2R_2}{F}, \quad \frac{1}{F} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad n = \frac{3}{2}.$$

В «Оптичних лекціях» Барроу дано формули лінз для різних окремих випадків, а в 1693 р. Галлей дав уже загальну формулу лінзи.

Призматичним кольорам присвячено твір Марці, який вийшов у 1648 р. Марці вважає причиною кольорів згущення світла, але висловлює нову думку, що промені, різної кольоровості мають різну заломлюваність. Хибна основна передумова була перешкодою для того, щоб Марці випередив Ньютона, хоч він висловлював такі цінні думки, як збереження кольору світлом, один раз заломленим.

Кольори тіл привернули увагу і Бойля, який присвятив цьому питанню «Досліди і міркування, що стосуються кольорів», які вийшли в 1663 р. Бойль гадає, що кольори тіл не належать до істотних властивостей і зумовлені

модифікаціями світла на поверхні освітлюваних тіл. Тіло, яке найповніше відбиває світло, буде білим, а те, що вбирає світло - чорним. Кольори тіл зумовлені кількістю відбитих променів. Нарешті, Бойль уперше описує інтерференційні явища в мильних плівках і тонких скляних кулях.



Франческо Грімальді

Через два роки після виходу твору Бойля, в 1665 р., вийшли два трактати, з яких можна датувати історію фізичної оптики. Це – «Фізико-математичні дослідження про світло, кольори» Грімальді і «Мікрографія» Гука. Єзуїт Грімальді (1618-1663) є автором фундаментального відкриття дифракції світла. Пропускаючи пучок світла через отвір у віконниці і ставлячи в конус світла палку, він спостерігав тінь палки на значній віддалі від неї і помітив, що тінь палки буде, поперше, ширшою, ніж це повинно бути за геометричною оптикою, і, по-друге, вона облямована кольоровими смугами. Це явище він назвав дифракцією. Поміщаючи в кінці тіні пластинку з отворами, він спостерігав розширене зображення отвору, а поміщаючи пластинку з двома близькими отворами, дістав два зображення, що перекривають одне одного. При цьому Грімальді прийшов до важливого висновку, що додавання світла до світла може привести до зменшення освітленості. Як і всі сучасні йому вчені єзуїти, Грімальді не виявляє глибокого теоретичного мислення, але все ж він, так би мовити, передчуває хвильову теорію світла, і дифракційні смуги викликають у нього образ хвиль, що поширюються на воді від кинутого в неї каменя.

Навпаки, Гук цілком певно висловлюється на користь хвильової концепції. Більше того, у своїй доповіді Королівському товариству в 1672 р. Гук, випередивши на 150 років Френеля, висловив твердження, що світло поширюється поперечними хвилями. У своїй «Мікрографії» Гук описує інтерференційні і дифракційні явища. Досліджуючи кольори тонких пластинок, Гук помічає залежність кольору від товщини, але не встановлює



Олаф Ремер

точного закону, і слава відкриття періодичності світла дістається Ньютону. Висловивши цілком правильну думку, що гра кольорів на плівці зумовлена відбиттям променя від передньої і задньої поверхонь її, Гук пояснює колір різними способами зіткнення променів на сітківці, внаслідок чого відбувається різна комбінація з двох основних кольорів: червоного і голубого. Ревно ставлячись до своїх теорій і відкриттів, Гук зайняв непримиренну позицію щодо оптичних праць Ньютона, заперечуючи пріоритет майже в кожному його відкритті. Полеміка набрала настільки гострого характеру, що Ньютон вирішив не публікувати нічого з оптики, поки живе Гук.

Ньютон завершив епоху великих відкриттів в оптиці. В розпалі його оптичних робіт було добуто три фундаментальні результати. Запрошений Гюйгенсом до Паризької академії астроном Олаф Ремер, досліджуючи в 1672 р. затемнення супутників Юпітера, виміряв швидкість світла. Повідомлення про це з'явилося у «Трактаті про світло» Гюйгенса, який вийшов у 1690 р. В цьому ж трактаті Гюйгенс розвиває визначну теорію поширення хвиль в ісландському шпаті і описує відкрите ним явище поляризації. Теорія Гюйгенса пояснювала відкрите в 1654 р. Еразмом Бартолінусом подвійне заломлення. Отже, всі основні факти хвильової оптики – інтерференція, дифракція, поляризація – були відкриті в XVII ст.

2.9.6. Дослідження електрики і магнетизму в XVII ст.



Уільям Гільберт

Про досягнення в галузі електрики і магнетизму доньютонівської фізики можна судити з праці англійського фізика У. Гільберта (1540-1603), опублікованої в 1600 р. під назвою «Про магніт, магнітні тіла і про великий магніт – Землю...». Гільберт вперше застосовує до вивчення електричних і магнітних явищ експериментальний метод. Вказує на різну притягальну силу магніту в різних місцях і про максимальне її значення на полюсах. Він підкреслює, що сталь зберігає магнітні властивості після намагнічування і відкриває факт невіддільності магнітних полюсів, а також явище магнітної індукції. Гільберт відзначає, що Земля є великим магнітом, але помилково вважає, що магнітні полюси Землі збігаються з географічними!

Досліджуючи деякі електричні явища, Гільберт дійшов висновку, що при терті може наелектризуватися і виявити властивості притягання не тільки янтар, а й інші тіла (алмаз, аметист, гірський криштал, сапфір, сірка, смоли та ін.). Порівняння електричних і магнітних явищ привело Гільберта до переконання в глибокій їх відмінності. Це він доводив тим, що електрику одержують при терті, а магнетизм – природна властивість; що електрика лише притягує (про існування електричних відштовхувань Гільберт не знав), а магнетизм і притягує, і відштовхує.

Дальшого розвитку вчення Гільберта набуло в роботах О. Геріке, який для вивчення властивостей електрики створив (близько 1650 р.) одну з перших електростатичних машин, яка складається з обертової сірчаної кулі, що електризувалася тертям об руку. За допомогою цієї машини Геріке експериментально виявив явище електричного відштовхування, що відіграло важливу роль для вивчення природи електрики, і встановив існування електричного світіння.



Генрі Геллібранд

Важливі ідеї по дослідженню, земного магнетизму були висловлені в 1625 р. Г. Геллібрандом, який відкрив варіацію магнітного схилення, і Галлеєм, який в 1683 р. запропонував теорію земного магнетизму і гіпотезу про магнітне походження полярного саява, а в 1701 р. опублікував першу карту магнітних схилень.

Так розвивалась доньютонівська фізика. Всі основні риси класичної фізики були намічені, основні факти – відкриті, методи – встановлені. Лишилося зробити останній важливий крок: узагальнити всі розрізнені результати в єдину систему і, завершуючи один з найбільш блискучих і плідних періодів в історії природознавства, закласти фундамент класичної фізики. Цей крок зробив Ньютон.

МОДУЛЬ 2. ПЕРІОД КЛАСИЧНОЇ ФІЗИКИ

Розділ 3. Розвиток класичної фізики

3.1. Життя і наукова діяльність Ньютона



Ісаак Ньютон

У XVII ст. значно розвинулися майже всі галузі фізики: механіка, теплота, електрика, магнетизм і оптика. Перед наукою постало велике завдання – узагальнити ці результати і на їх основі завершити грандіозну роботу зі створення фундаменту нової науки. Це завдання успішно здійснив великий англійський фізик і математик, астроном і механік І.Ньютон, якого справедливо називають родоначальником класичної теоретичної фізики. Він визначив мету і метод цієї галузі природознавства і розробив її програму. Ньютон не тільки сформулював, а й привів у єдину систему основні закони класичної механіки. Він відкрив закон всесвітнього тяжіння, закони розкладання білого світла на монохроматичні промені і,

одночасно з Г. Лейбніцем, розробив диференціальне та інтегральне числення.

Ньютон народився 25 грудня 1642 р. старого стилю, тобто 4 січня 1643 р. за новим стилем, у селі Вульсторп у графстві Лінкольн (Лінкольншир), у родині сільського фермера, що вмер незадовго до його народження. До дванадцятирічного віку його виховувала бабуся. У дванадцять років Ньютона віддали в міську школу в Грантамі. По закінченню школи він повернувся в рідне село. З майбутнього вченого намагалися зробити сільського фермера. Але юнак не виявляв схильності до сільського господарства, і за порадою дядька, вихованця Кембриджського університету, був відправлений назад у Грантам для підготовки до вступу в університет.

По своїй структурі університет представляв сукупність окремих коледжів, кожний з яких був ніби самостійною громадою. Члени цієї громади жили й працювали в коледжі, утворюючи замкнуту корпорацію. Найбільш бідні члени цієї громади – «сабсайзери», що не мали можливості платити за своє утримання, зобов'язані були прислужувати членам коледжу. У якості «сабсайзера» Ньютон був прийнятий у коледж Святої Трійці (Трініті-коледж) в 1661 р.

Одним із учителів Ньютона був професор Ісаак Барроу, що займав Люкасівську кафедру, названу так по імені людини, що заповіла кошти на її утримання. Барроу читав лекції з оптики на досить високому для того часу рівні (він, наприклад, давав формули лінз для різних окремих випадків), і

Ньютон з великим інтересом і увагою слухав свого вчителя. З ним у Ньютона встановилися тісні дружні відносини, і Барроу став бачити в обдарованому учні свого спадкоємця. Ньютон одержав молодший учений ступінь бакалавра, потім в 1665 р. – ступінь магістра. У цьому ж році вибухнула епідемія чуми, і Ньютон виїхав з Кембриджу в село, звідки повернувся восени 1668 р. У селі він багато й напружено працював, його майбутні великі відкриття дозрівали в сільській самоті. Недивно, що через рік, в 1669 р., Барроу, вирішивши присвятити себе теології, передав кафедру своєму геніальному учневі. Ньютон став професором Кембриджу.

Перша наукова праця Ньютона відноситься до оптики. Ще в 1665 р. він почав дослідження призматичних кольорів. Результатом цього дослідження з'явилося переконання, що ніякими засобами не можна домогтися досконалості оптичних приладів з об'єктивами з лінз. На його думку, хроматична аберация лінз непереборна. Тому Ньютон дійде висновку, що в телескопі треба лінзи замінити сферичними дзеркалами. В 1668 р. він побудував першу мініатюрну модель рефлектора. В 1671 р. Ньютон побудував другий удосконалений рефлектор, що послужив приводом до обрання його членом Королівського товариства.



Роберт Гук

Прочитаний Ньютоном трактат про відкриття в оптиці утягнув його в полеміку з Робертом Гуком (1635-1703), офіційним експериментатором Королівського товариства, який у доповіді, представленій товариству в 1672 р., і в книзі «Мікрографія» стає на протилежну ньютонівській точку зору хвильової теорії й висловлює думку про поперечність світлових хвиль. Гук описує явища інтерференції й дифракції світла, але ще недостатньо володіє мовою хвильової оптики, щоб використати ці явища для підтвердження хвильової теорії, як це зробив через півтора століття Френель. Гук ревниво ставився до питань пріоритету й оспорував його у Ньютона як в оптиці, так і в механіці. Роздратований полемікою, Ньютон прийняв рішення нічого не публікувати з оптики доти, доки живий Гук, і виконав це рішення. Крім перших двох оптичних мемуарів, що втягнули його в полеміку з Гуком, Ньютон не публікував нічого до 1704,г., коли була видана його «Оптика».

Взагалі Ньютон дуже неохоче друкувався, можливо й тому, що майже кожна публікація приводила до важких спорів, у тому числі й з питань пріоритету. У Ньютона заперечували пріоритет у винаході рефлектора, у дослідженні кольорів тонких плівок, у відкритті закону тяжіння й винаході диференціального й інтегрального числення, тобто майже всього, що складає славу Ньютона. Дивного в цій неприємній обставині, що принесла чимало неприємностей Ньютонові, нічого немає. Відкриття, зроблені Ньютоном, «носилися в повітрі», вони стосувалися актуальних наукових проблем того часу, над якими міркувало чимало вчених, приходячи з різних сторін до

однакових або майже однакових висновків. Механіка, математика й оптика дозріли для завершальних відкриттів, і Ньютон виконав цю завершальну роботу з вичерпною повнотою й геніальністю.

Сучасники відчували велич Ньютона, і все-таки для одних він залишився незрозумілим, а для інших – рівноправним членом «республіки наук», за виразом М.В. Ломоносова, з яким можна й треба було сперечатися, не соромлячись у виразах і обвинуваченнях, тільки на віддаленні століть став видний геній Ньютона, що підняв його над всіма сучасниками, і стала ясною велич його справи.



Едмонд Галлей

Але тяжка полеміка із сучасниками приводила часом Ньютона до рішення нічого не публікувати. Однак поставлені проблеми все-таки треба було розв'язувати. Над проблемою руху планет міркували багато сучасників Ньютона. Астроном Галлей зрозумів, що ідея Гюйгенса про існування доцентрової сили дозволяє пояснити динаміку руху планет, і намагався її розробити. У ході роботи він зустрівся з великими труднощами й звернувся за консультацією до Ньютона. Ньютон показав йому рукопис, у якому проблема, що хвилювала Галлея, була повністю розв'язана. Галлей став наполегливо

переконувати Ньютона опублікувати свою працю. Ньютон довго не погоджувався. Тільки за допомогою впливових у Кембриджі осіб Галлею вдалося зломити опір Ньютона. Особливо бентежила Ньютона третя частина його праці, у якій мова йшла про систему світу. «Третю частину я маю намір тепер усунути, – писав він, – філософія – це така нахабна й сутяжна дама, що мати з нею справу – це однаково, що бути втягнутим у судовий позов». Зрештою знамениті «Математичні начала натуральної філософії» Ньютона вийшли у світ в 1687 р., через 144 року після того, як Коперник опублікував свою систему світу. Ця система одержала динамічне обґрунтування й стала міцною науковою теорією. Одночасно була завершена почата Галілеєм справа створення нової механіки. Три закони Ньютона завершують праці Галілея, Декарта, Гюйгенса й інших учених зі створення класичної механіки й разом з тим створюють міцну основу для плідного її розвитку.

Як і передбачав Ньютон, його «Начала», незважаючи на важкий і спеціальний характер викладу, викликали жваву дискусію в першу чергу з картезіанцями. Допущення абсолютно порожнього простору й гравітаційних сил, що діють на відстані через порожнечу, породило філософські суперечки. У них виявилися зацікавленими й церковники, що зв'язують ці допущення з таїнством євхаристії, при якому нібито відбувається чудесне перетворення хліба й вина в тіло й кров Христа.

При підготовці другого видання «Начал» кембриджський математик Котс, що редагував це видання, підсилив його антикартезіанську

спрямованість, додавши до нього свою передмову, що носить відверто теологічний характер. Такий же характер носить і «Загальне повчання», яке Ньютон помістив у друге видання книги. У ньому він указує на неспроможність картезіанської вихрової концепції, описує, як управляє світом Господь бог. Учений і богослов вигадливо переплітаються в повчанні Ньютона, наукові ідеї поєднуються в ньому з теологічними бреднями.

Ньютон серйозно цікавився богословськими питаннями. Він був автором «Тлумачення на книгу пророка Данила», «Апокаліпсиса» і «Хронології». Якщо ж додати до цього, що Ньютон глибоко цікавився алхімією й захоплювався алхімічними дослідженнями, то ми можемо зрозуміти, що він був сином свого часу, коли наука ще глибоко зав'язла в теології.

Ньютон був сином свого часу й у відношенні до політичних проблем. Його тривожила католицька й абсолютистська реакція, що виявилася при Якові II Стюарті, і він брав активну участь у протесті Кембриджу проти цих тенденцій. Із приходом до влади Вільгельма Оранського в 1688 р. Ньютон був обраний депутатом парламенту від Кембриджу. Коли новий уряд став зазнавати фінансової кризи від поганого карбування золотої монети, яку можна було обпилувати й обрізати, роблячи її неповноцінною, Ньютон зі своїми друзями лордом Монтегю й філософом Локком брав участь в обговоренні проекту фінансової реформи. Монтегю вирішив скористатися в цьому важливому заході послугами Ньютона і одночасно забезпечити йому належне матеріальне становище, якого Ньютон давно добивався. Ньютону було запропоновано місце доглядача Монетного двору, яке давало йому 400-500 фунтів на рік, із збереженням професури в Кембріджі. Ньютон заповідливо взявся за нові обов'язки. В 1699 році його призначили директором Монетного двору, що давало йому від 12 до 15 тисяч фунтів річного прибутку. Тепер професуру вже не можна було сполучити з новими обов'язками. Ньютон залишає кафедру на користь Вінстона і переїжджає на постійне проживання до Лондона. Тут у 1703 році його обирають президентом Королівського товариства. На цей час Ньютон досягає вершини слави й визнання. В 1705 році королева Анна дає йому рицарське звання; він живе в багатій квартирі, має 6 чоловік прислуги і карету для виїздів. Проте він, як і раніше, живе самотньо, господарством завідує його племінниця Катерина Бартон.

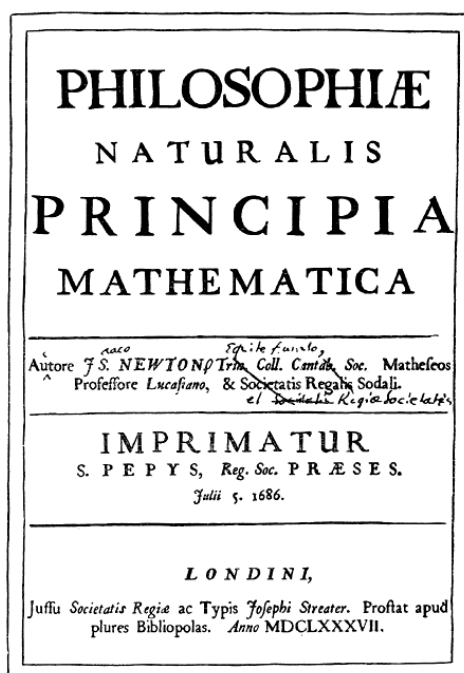
На вісімдесятому році Ньютон почав хворіти на кам'яну хворобу, від якої помер уночі проти 21 березня 1727 р. на 84 -му році. Похорон його відбувся в Лондоні з великою пишністю. За указом короля Георга I його поховали у Вестмінстерському абатстві – усипальні англійських королів, і напис на його пам'ятнику закінчується такими словами: «Нехай смертні радіють, що існувала така прикраса людського роду»... У похоронній процесії брали участь герцоги Роксбург і Монтроз, три пери Англії і графи Пемброк, Суссекс і Макклесфілд - усі члени Королівського товариства. Так, в кінці свого життя Ньютон дістав те визнання і незалежність, яких так бракувало йому протягом довгого, підлеглого й незабезпеченого життя. У важких умовах життєвої боротьби і складній політичній обстановці склався характер Ньютона, в якому поєдналися наполегливість і неспівчутливість, постійність і нерішучість, обережність і хитрість. У цю жорстоку епоху великому

мислителеві важко було зберегти незалежність мислення і переконань, а величезний авторитет автора «Начал» нерідко використовувався з антинауковою і реакційною метою.

Але ворогам науки не вдалося зломити Ньютона до кінця, і, всупереч усім життєвим бурям і злигодням, він виконав свою велику справу. Мимоволі напрошується зіставлення долі двох найвизначніших діячів нової науки – Галілея і Ньютона. І тому довелося творити у складній обстановці болісного процесу виникнення нових суспільних відносин, коли наукова діяльність неминуче набирала бойового характеру політичного виступу. І той мислитель бачив своє завдання в тому, щоб довести до кінця задумані починання, підпорядковуючи цій великій меті все інше. Обережність і розрахунок, верткість і пристосовуваність до «сильних мира сього» допомагала їм у виконанні великої місії. Але геній Галілея розгортався повільно, великі задуми його дозріли тільки на кінець його життя. Коли виявилась недостатність компромісу 1616 р., ціною якого Галілею вдалося добитися виходу в світ «Діалогу», він пішов на формальне зречення своїх переконань і на схилі віку опублікував свої праці з основ нової механіки.

Задуми Ньютона дозріли в юнацькі роки, і в 45 років він уже був автором «Начал», тому його компроміси не мали характеру жертви науці, як у Галілея. Кінець життя Галілея пройшов під невсипучим наглядом інквізиції, в атмосфері матеріальних нестатків і моральних переживань. Коли ж Ньютон помирав, його наукові заслуги дістали широке громадське визнання. Але обидва помирили, усвідомлюючи значимість зробленого ними подвигу, який був винагородою за всі їх моральні жертви, і кожний з них, вмираючи, міг з цілковитим правом і гордістю сказати: «Зробив, що міг, нехай інші зроблять краще» (*feci quod potui, faciant meliora potentes*).

3.2. Основи механіки в «Математичних началах натуральної філософії» Ньютона



**«Математичні начала
натуральної філософії»**

І. Ньютон завершив перший етап розвитку експериментального природознавства в галузі дослідження неорганічної природи. Він не тільки узагальнив результати наукової діяльності в галузі механіки і астрономії таких видатних вчених, як Г. Галілей, Й. Кеплер, Х. Гюйгенс, Дж. Бореллі, Р. Гук та ін., а й своїми власними дослідженнями проблем земної і небесної механіки створив грандіозну працю «Математичні начала натуральної філософії», яка вийшла в світ у 1687 р.

У передмові до «Начал» Ньютон відмічає основну тенденцію сучасного йому природознавства – підпорядкувати явища природи законам математики, саме це і є завданням його твору. Він підкреслює, що твір цей подається, як математичні основи фізики. Вся трудність фізики полягає в тому, щоб за

явищами руху розпізнати сили природи. У цій книзі Ньютон сформулював основні поняття і принципи класичної механіки, розробив її систему. Своє дослідження Ньютон починає з вивчення кількості руху і сили. «Кількість матерії (маса) є міра її, яка встановлюється пропорційно густині та об'ємові її». За Ньютоном, густина визначається кількістю частинок в одиниці об'єму. На досліді, підкреслює Ньютон, маса визначається через вагу тіла, бо вона пропорційна вазі, що перевірено ним дослідно над маятниками. Для характеристики взаємодії тіл Ньютон ввів поняття сили, як причини, що змінює рух тіл і цим самим звів завдання механіки до знаходження діючих сил за рухами. Це було важливим кроком уперед, бо після цього механіка перетворилася в науку про одну лише механічну форму матерії. Цим самим були викриті псевдонаукові спроби послідовників Декарта – картезіанців, що намагалися за допомогою механіки пояснити весь світ.

Визнавши силу, як «дію», що виконується над тілом, щоб змінити його стан спокою або рівномірного прямолінійного руху, Ньютон вказав на зовнішній щодо тіла характер цієї дії. Він підкреслює, що сила може бути спричинена ударом, тиском і, нарешті, деяким силовим центром.

Визнаючи об'єктивне існування простору і часу, Ньютон стояв на матеріалістичних позиціях. Але в цих фундаментальних питаннях пізнання природи він виявився непослідовним і допускав існування абсолютного простору і часу, відірваних від реальних речей і процесів. За Ньютоном, абсолютний простір і час – не форми існування матерії, а вмістилище і тривалість для матерії, їх властивості не залежать від матерії і не доступні нашим органам чуття. Метафізичність Ньютона проявилась і в тому, що він помилково вважав, що матерія інертна і не здатна сама до руху, а джерелом руху є сила.

Сформулювавши основні поняття механіки, Ньютон в «Началах» дав визначення основних її законів:

1. Всяке тіло продовжує утримуватися у своєму стані спокою або рівномірно прямолінійного руху, поки і оскільки воно не спонукається прикладеними силами змінити цей стан.

2. Зміна кількості руху пропорційна прикладеній рушійній силі і відбувається в напрямі тієї прямої, по якій діє ця сила.

3. Дії завжди є рівна і протилежна протидія, інакше – взаємодії двох тіл одного на одне рівні і спрямовані в протилежні сторони.

Основою ньютонівської динаміки є другий закон, який дав загальний метод розв'язання механічних задач. Третій закон, вперше сформульований Ньютоном, був ним перевірений в численних експериментах. На основі другого і третього закону Ньютон ввів закон збереження кількості руху для замкненої системи і встановив важливе для динаміки системи твердження, що поступальну кількість руху окремого тіла або системи тіл (при відсутності зовнішніх дій і перешкод) треба завжди розраховувати за рухом центра ваги.

В «Началах» викладене вчення Ньютона про всесвітнє тяжіння. Опираючись на закони Й.Кеплера, дослідження Д. Бореллі, Х. Гюйгенса, Е.Галлея та інших вчених, Ньютон приходить до висновку, що планети рухаються під впливом центральних сил і що ці сили обернено пропорційні



Жан Пікар

квадратам віддалей між ними. Так, Місяць утримується на своїй орбіті дією земного тяжіння, ослабленою порівняно з її величиною на земній поверхні у стільки разів, у скільки квадрат віддалі Місяця від центра Землі більший від квадрата радіуса Землі. Зроблені в 1669-1670 р. французьким астрономом Ж. Пікаром (1620-1682) точні вимірювання радіуса Землі дали змогу Ньютону чисельно підтвердити закон тяжіння. Дальший крок полягав у тому, щоб поширити цей закон на сонячну систему. І.Ньютон прийшов до висновку, що силою, яка втримує планети на орбітах навколо Сонця є сила взаємного тяжіння, яка зменшується обернено пропорційно квадратові віддалі. Він розробив теорію руху планет і супутників, які становлять сонячну систему, і показав, що закон руху планет поширюється і на комети, що траєкторія тіл, які рухаються під впливом центральних сил, не тільки частковий випадок конічних перерізів – еліпс, а конічні перерізи взагалі. Ці досить складні математичні розрахунки привели Ньютона до результатів, які добре узгоджуються з астрономічними даними, і дали йому змогу зробити останній крок – узагальнити знайдену залежність як всеосяжний закон природи, що охоплює взаємодії всіх матеріальних тіл.

У «Началах» Ньютон також розглянув теорію припливів і відпливів, ряд задач з теорії притягання суцільних мас, заклав основи теорії подібності, виклав теорію форми Землі і висвітлив деякі питання гідростатики й гідродинаміки тощо.

3.3. Створення аналітичної механіки



Готфрід Вільгельм Лейбніц

Механіка Ньютона була ще геометричною і подавалась з великою кількістю малюнків та графіків. Завдання після ньютонівської механіки зводилось до аналізу вихідних понять і принципів і до розроблення аналітичного апарату з метою його найкращої пристосованості до розв'язання конкретних завдань, коло яких розширилось.

Одним з основних понять ньютонівської механіки було поняття сили, зв'язане з виникненням, знищенням і зміною механічного руху. Нагадаємо що сила у Ньютона вимірюється кількістю руху, що з'явився або зник за одиницю часу. При цьому мірою кількості руху Ньютон вважає величину $m\vec{v}$, запроваджену ще Декартом (проте з тією відміною, що Декарт не брав до уваги напрям величини $m\vec{v}$). Запровадження цієї міри давало змогу зв'язати нове визначення із старим статичним, яке ґрунтується

на вимірюванні деформації, і встановити зв'язок другого і третього законів. Плодотворність цієї міри виявилась у визначних досягненнях ньютонівської механіки. Проте Лейбніц у 1686 році вмістив у «Acta eruditorum» статтю «Коротке доведення помилки незабутнього Декарта», яка була початком знаменитої суперечки про дві міри руху.



Жан Лерон Даламбер

Лейбніц вважає, що рухи, які утворюються при падінні різних вантажів з різних висот, однакові, якщо добуток ваги на висоту той самий. Справді, деформації (наприклад пружини) від падіння таких вантажів будуть однакові. Але як було встановлено ще Галілеєм, висоти падіння будуть пропорціональні квадратів швидкості, яку розвиває тіло в кінці падіння. Тому Лейбніц вважає, що справжня міра руху повинна бути пропорціональна кількості руху mv^2 . У праці 1695 року Лейбніц пропонує поділити сили на два класи – «мертві»(статичні) і «живі» (кінетичні). Деформація від вантажу, що перебуває в спокої, дійсно пропорціональна кількості руху mv , яка створюється за 1 секунду, при падінні вантажу із стану спокою. «Живі» сили вимірюються величиною mv^2 , яка знищується на кожній одиниці шляху. У суперечці про міри руху взяли участь видатні фізики й філософи 18 ст. Точку зору Лейбніца поділяли І. Бернуллі, Герман, картезіанську - Папен, Меранн, Кларк. Перший етап суперечки закінчився передмовою Даламбера до його «Трактату механіки», який показав формальну еквівалентність обох мір. Нехай тіло масою m , яке рухається із швидкістю v , гальмується якоюсь силою f . Що слід вважати за міру зниклого руху? Гальмування здійснюється на певному відрізку за певний проміжок часу, силу можна виразити як через зміну руху на одиниці шляху, так і через зміну руху за одиницю часу. У першому випадку рух треба вимірювати величиною mv^2 , у другому – величиною mv ($f = mv^2 / 2s = mv / t$).

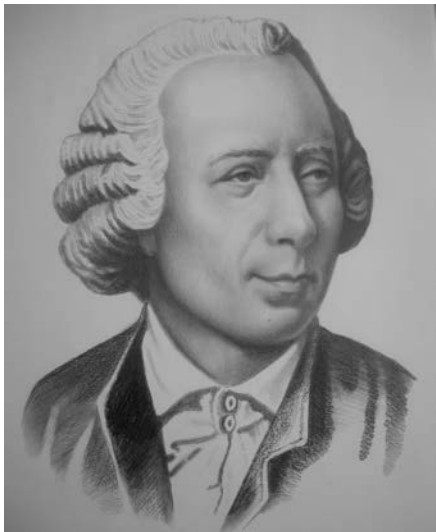


П'єр Варіньйон

Сучасний школяр, розв'язуючи задачі механіки, діє за рецептом Даламбера, коли вибирає між законом збереження кінетичної енергії і законом збереження кількості руху. Проте Даламбер ще не міг повністю розв'язати проблему. Потрібні були відкриття закону збереження енергії, щоб внести цілковиту ясність у знамениту дискусію про дві міри руху.

Значно більших успіхів досягла механіка в аналізі й формулюванні її вихідних принципів. У статті Варіньйон вивів старий принцип важеля з нового принципу паралелограма сил («Нова механіка», 1725 р.). В тій же

механіці Варінійона подається лист І.Бернуллі, в якому викладається принцип можливих швидкостей. В окремих випадках цей принцип вже застосовували і Стевін, і Галілей, і Паскаль, але тепер ставилося питання про можливість обґрунтування всієї статички з допомогою цього принципу. Це й було зроблено Лагранжем в його знаменитій «Аналітичній механіці», яка вийшла в 1788 році. Лагранжеве формулювання принципу таке: «Коли якась система, що складається з будь-якої кількості тіл чи точок і зазнає дії якихось сил тяги чи руху, перебуває в рівновазі, і системі цій надається якийсь незначний рух, унаслідок якого кожна точка пробігає нескінченно малий простір (віртуальна швидкість), то сума добутків із сил, прикладених до всякої даної точки, на величину переміщення точок у напрямі сили завжди дорівнює нулеві; при цьому припускається, що переміщення, які відбуваються в напрямі сил, мають додатний знак, а в протилежному від'ємний». Цей принцип можна представити аналітичною формулою. З допомогою цього принципу Лагранж звів розв'язування задач статички суто до обчислювальних операцій і з гордістю заявляв, що в його книзі немає жодного рисунка. Ця еволюція математичних методів фізики від геометричних ньютонівських до аналітичних лагранжевих становить характерну особливість розвитку теоретичної фізики 18 ст.



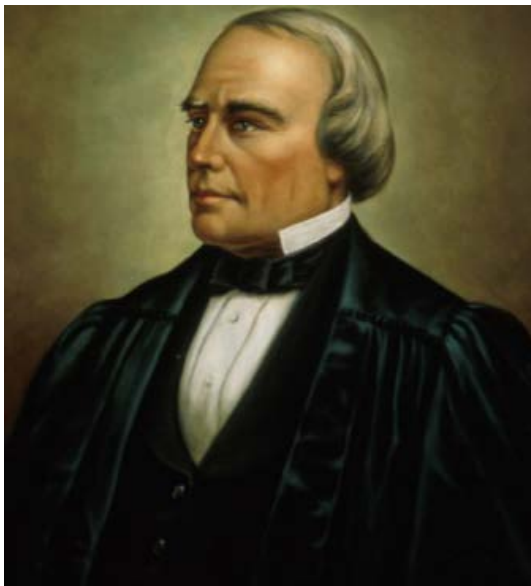
Леонард Ейлер

Найважливішу роль у створенні аналітичної механіки (теоретичної фізики) відіграв Ейлер, який по суті, є її засновником. В 1736 році у Петербурзі вийшла «Mechanica sive motus scientia analytice exposita» Ейлера («Аналітично подана механіка»). Вона була важливою віхою в розвитку теоретичної фізики. В цій праці Ейлер трактує швидкість як вектор, вводить поняття геометричного приросту швидкості, описує рух у супровідній системі координат і проектує прискорення на дотичну і нормаль. Це була дійсно аналітична механіка, в якій цілий ряд задач розв'язано просто й вишукано з допомогою засобів аналізу.

У «Механіці» Ейлера розв'язувалися задачі і динаміки точки. Але вже попередники Ейлера, брати Бернуллі, розв'язували задачі динаміки системи. В розглядуваний період динаміка системи дістала загальний принцип – принцип Даламбера. В 1743 році вийшов «Трактат з динаміки» Даламбера, де ці ідеї доведені до загального формулювання знаменитого принципу.

У 1765 році вийшла «Теорія руху твердих тіл» Ейлера (третій том його «Механіки»). За час, що минув після виходу перших двох томів, багато що змінилося. Розвинулися та поглибилися як в результаті праць самого Ейлера, так і його знаменитих сучасників нові математичні методи, розширилося коло механічних задач. Нарешті, серйозної еволюції зазнали погляди самого Ейлера в бік великого наближення до картезіанських позицій, у бік підвищення інтересу до філософських основ природознавства. Звичайно, в такій еволюції позначився зрослий вплив французьких матеріалістів, але

безперечно, що значну роль відіграли й погляди Ломоносова, з яким Ейлер довгий час листувався з вузлових питань фізичних поглядів. Підвищений інтерес Ейлера до загальних основ природознавства відбився у великому «Вступі» до «Теорії руху». Ще в 1758 році Ейлер встановив поняття «моменту інерції». Розбираючи в «Теорії руху» питання руху твердого тіла, він встановив, що головні осі інерції (ті осі інерції, для яких момент інерції має екстремальне значення) збігаються з вільними осями обертання, написав рівняння руху твердого тіла з нерухомою точкою, які й тепер застосовують в теорії гіроскопів, і тим заклав основи цієї теорії. Ейлер не тільки розробляв методи теоретичної фізики, а й намагався довести розв'язання до практично корисних результатів. Задачу про рух Місяця вивчали такі видатні математики, як Клеро (1713-1765), автор знаменитого твору про фігуру Землі, і Даламбер, але найбільше практичне застосування дістала «Теорія Місяця» Ейлера (1753), на основі якої Тобі й Майєр склали місяцеві таблиці.



Бенжамін Робінс

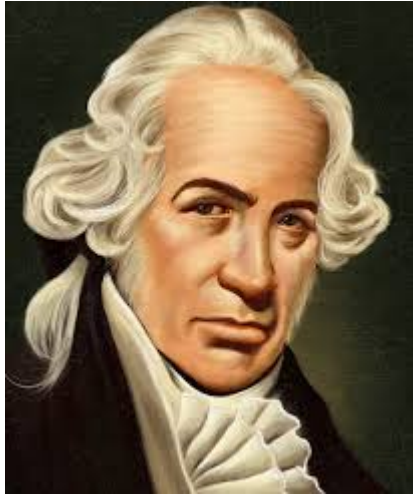
Про великий інтерес Ейлера до практичних проблем свідчить зроблений ним німецький переклад з доповненнями твору Бенджаміна Робінса (1707-1771) з артилерії («Нові принципи артилерії», Лондон, 1742р.). Робінс дослідив вплив опору середовища рухові снаряда, тобто займався питаннями зовнішньої балістики. Оскільки цей опір в усякому разі є функцією швидкості, то Робінс розробив методику визначення швидкості снаряда в будь-якій точці шляху. Для цієї мети він сконструював балістичний маятник. Йому вдалось встановити, що прийнятий Ньютоном закон опору справедливий тільки при відносно малих швидкостях і з

збільшенням швидкості опір зростає швидше, ніж v^2 . Він знайшов також, що балістична крива істотно відрізняється від параболи, і встановив несиметричність її висхідної і низхідної віток.

Ейлер переклав твір Робінса під назвою «Нові основи артилерії з примітками Л.Ейлера». У примітках він докладно розглянув рух польоту снаряда в опірному середовищі, застосувавши методи наближеного інтегрування. В цих дослідженнях Ейлер продовжив і доповнив роботи Ньютона, так само як він це зробив у своїх роботах з небесної механіки і в теорії тяжіння, де він знайшов для ряду випадків розв'язок задачі про притягання еліпсоїда, поставленої Ньютоном. Дослідження про притягання еліпсоїда, що мають істотне значення для теорії потенціалу, були вміщені в «Комментаріях» Петербурзької академії 1738-1746 рр. Ці дослідження, як і дослідження з механіки твердого тіла, близько стоять до загальних досліджень з механіки суцільного середовища, в якій Ейлер так само здобув фундаментальні результати.

3.4. Молекулярна фізика і теплота у 18 ст.

Якщо механіка в першій половині XVIII ст. після робіт І. Ньютона, Л. Ейлера та інших вчених була найбільш розвиненою галуззю фізики, то теплота, незважаючи на практичні потреби розвитку металургійного, ливарного виробництва, залишилася найвідсталішим розділом фізики. І лише наприкінці першої половини XVIII ст. почався розвиток вчення про теплоту. В цей час завершуються дослідження в галузі термометрії та калориметрії і створюються основи теорії теплоти.



Даніель Фаренгейт

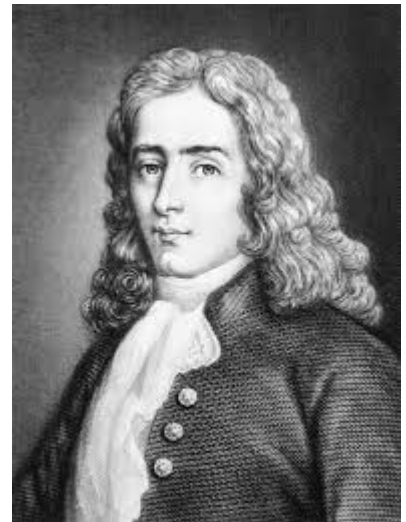
Успіхи термометрії пов'язані з іменами німецького фізика Д. Фаренгейта (1686-1736), який в 1709 р. виготовив спиртові термометри, а в 1714-1715 рр. побудував перші ртутні термометри тієї ж форми, що використовуються і зараз, з основними точками 0° і 212° , французького природодослідника Р. Реомюра (1683-1757), який у 1730 р. в мемуарах Паризької Академії наук описав винайдений ним спиртовий термометр, шкала якого між точкою топлення льоду (взятої ним за 80°) і точкою кипіння води (0°) була поділена на 80 рівних частин, і шведського астронома й фізика А. Цельсія (1701-1744), що запропонував у 1742 р. термометричну шкалу з основними точками 0° і 100° .



Андерс Цельсій

В 17 ст. температура і теплота ще не розрізнялись. І лише у 1729 р. в роботі Клінгенстерна вперше стверджується, що температура і теплота – не одне і те ж. Основи калориметрії були закладені в працях академіка Петербурзької Академії наук Г. Ріхмана (1711-1753). Досліджуючи фізичні явища, що відбуваються при теплових процесах, Ріхман особливу увагу звернув на питання калориметрії, теплообміну, випаровування рідин. У 1744 р. він вивів і експериментально перевірів формулу для визначення температури суміші однорідних рідин, яка називається його ім'ям і записується так:

$$t = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{t_1 + t_2},$$

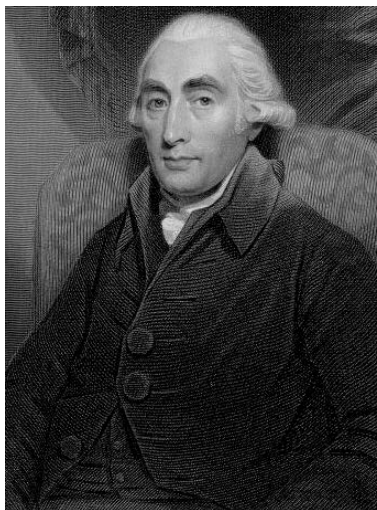


Рене Реомюр



Георг Ріхман

де t_1 і t_2 – температури, а m_1 і m_2 – маси однорідної рідини.



Джозеф Блек

Дослідження Ріхмана поклали початок калориметричному методу змішування, який існує і в наш час. Він виконав важливі експериментальні дослідження по визначенню впливу температури, форми і поверхні тіл і швидкості руху охолоджуючого середовища на теплообмін, обґрунтував закон охолодження тіла, досліджував процеси випаровування залежно від стану середовища, температури тощо. Ідеї Ріхмана відіграли велику



Антуан Лавуазьє



П'єр Лаплас

роль у наступних дослідженнях цих явищ. Вони, зокрема, привели шотландського вченого Джозефа Блека (1728-1799) до відкриття в 1757 р. прихованих теплот плавлення і пароутворення, а дещо пізніше і до відкриття, разом з французькими вченими А. Лавуазьє (1743-1794), П. Лапласом (1749-1827) та іншими, поняття теплоємності тіл. У 1783 р. Лавуазьє і Лаплас запропонували калориметричний метод вимірювання теплоємності тіл і в «Мемуарі про теплоту» описали сконструйований ними калориметр.

Отже, дослідженнями Ріхмана, Блека та інших вчених була розроблена теорія калориметрії і калориметричний метод став одним з основних у вивченні теплових явищ. Стосовно природи теплоти, то у 18 ст. панувала запропонована Блеком матеріальна теорія теплоти – теорія теплороду, яка досить сильно потіснила механічну концепцію, згідно з якою тепло є стан руху внутрішніх частин тіла. Ця теорія гарно підходила до опису калориметричних законів і проіснувала до середини 19 ст., коли відкриття закону збереження енергії примусило звернутись до уявлень, що теплота є формою руху. Цю точку зору підтримували ще у 17 ст. Ф.Бекон, Декарт, Гук, Гюйгенс, Ньютон, а у 18 ст. – видатний російський вчений М.В.Ломоносов.



Михайло Ломоносов

Загальні теоретичні основи теорії теплоти впливали безпосередньо із сформульованої Ломоносовим теорії про

атомно-молекулярну будову речовини. Він висунув сміливу й оригінальну гіпотезу про те, що всі властивості тіл залежать виключно від властивостей і руху елементарних частинок («елементів» і «корпускул»), які утворюють ці тіла. У роботі «Міркування про причини теплоти і холоду» (1749) Ломоносов піддав глибоко обґрунтованій критиці метафізичні уявлення про теплоту як про особливу речовину флогістон, або теплець, що було пережитком середньовічного світогляду, але повністю панувало в науці того часу. Ломоносов зумів створити струнку й логічно завершену теорію теплових явищ як проявів внутрішнього руху мікроскопічних частинок в макроскопічних тілах. Він дав абсолютно правильне й вичерпне в методологічному відношенні тлумачення температури, або, за його виразом, «ступеня нагрівання тіла» як міри інтенсивності теплового руху. Користуючись цим визначенням, він встановив, що існує найбільший ступінь холоду, який спричиняється повним припиненням руху частинок, і в 1747 р. прийшов до висновку про існування абсолютного нуля температури. Аналогічні гіпотези висували також Амонтон і Ламберт.

У тісному зв'язку з розвитком загальних основ теплоти перебуває і створена Ломоносовим теорія пружної сили повітря. Закладаючи основи кінетичної теорії газів у роботі «Досвід теорії пружної сили повітря», написаній у 1748-1750 рр., він дав правильне тлумачення пружності повітря як результату сумісної дії багатьох частинок.

Отже, до початку другої половини XVIII ст. вчені розробили питання термометрії і калориметрії, а М.В.Ломоносов створив теоретичні основи теплоти. Але теоретичні знання про теплоту ще не вирішували процесу вивчення теплоти до кінця. Треба було знайти практичне застосування для цих теоретичних даних, і воно знайшлося у побудові теплових машин.

Потреба в такій машині зумовлюється тим, що капіталістичний спосіб виробництва вимагав створення такої машини, робота якої не залежала б ні від вітру, ні від води. З всіх відомих на той час видів енергії тільки теплота могла бути безпосередньо використана для розв'язання цього



Томас Ньюкомен

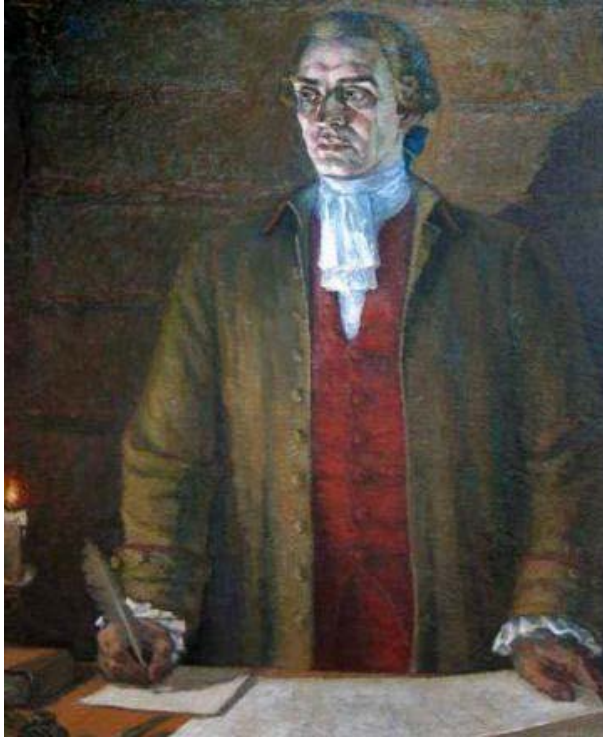
завдання. Створені в кінці XVII – на початку XVIII ст., а саме: в 1690 р. французьким фізиком Д. Папеном (1647-1714), у 1698 р. англійським інженером Т. Севері (1650-1712) і, нарешті, у 1705 р. англійським



Томас Севері

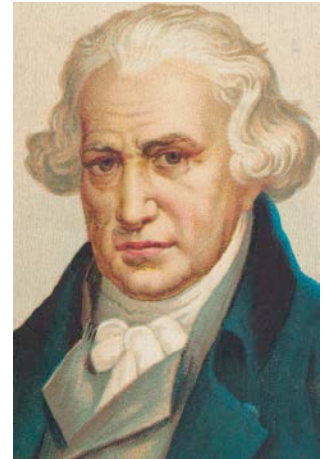
винахідником Т. Ньюкоменом (1663-1729), «вогнедіючі» пароатмосферні машини не могли задовольнити цієї потреби суспільства через свою технічну недосконалість. В цих машинах парові двигуни були в комбінації з водяними колесами, які відігравали роль передаточного механізму; машини

були надто громіздкі, неекономічні і використовувалися лише для відкачування води з шахт.



Іван Ползунов

Першу парову машину універсальної дії, яка дала практичне застосування теплоти для механічних потреб, сконструював видатний російський теплотехнік І.І. Ползунов (1728-1766) у 1765 р. Аналогічну універсальну парову машину сконструював у 1784 р. англійський винахідник Д. Уатт (1736-1819), який вперше в ній запровадив відцентровий регулятор з дросельною заслінкою для підтримування сталої кількості обертів вала.



Універсальна машина Уатта, завдяки значній економічності, набула великого поширення.

Джеймс Уатт

3.5. Оптика у 18 ст.

Питання про фізичну природу білого світла і кольорів займало у 18 ст. Ньютона і Гука, Ломоносова і Ейлера. Ейлер висунув своєрідну резонансну теорію кольорів і також примкнув до хвильової теорії світла, ігноруючи, однак, принцип Гюйгенса. Принцип Гюйгенса у 18 ст. «не працював», взагалі хвильова теорія світла, незважаючи на її підтримку Лейбніцем, Ейлером, І.Бернуллі та ін., була залишена. Корпускулярна теорія світла завоювала загальне визнання, чому сприяв високий авторитет Ньютона.



П'єр Бугер

Але у 18 ст. проявляється великий інтерес до світлових вимірювань і саме звідси датується фотометрія. Причини цього, з одного боку, лежать у практичних потребах. Питання освітлення, зокрема вуличного освітлення великих міст, палаців, будова маякових ліхтарів, набули великого значення. Лавуазьє займався цими питаннями в Парижі, Ломоносов брав активну участь у влаштуванні парадних ілюмінацій. Кулібін конструював ліхтарі. Вимірювання сили світла різних джерел і освітленості стало цікавити вчених. З іншого боку, методи точного природознавства, поширюючись усе більше, не змогли оминати область світлових явищ,

фотометрія була необхідна і для науки, і для практики.

Засновниками фотометрії були француз П'єр Бугер (1698-1758), автор «Дослідку про градації світла» (1729) і «Оптичного трактату про градації світла» (виданий посмертно в 1760), і ельзасець І.Г. Ламберт (1728-1777), «Фотометрія» якого була видана також в 1760 р.

В «Оптичному трактаті» Бугера введені такі фотометричні поняття, як «світловий потік» (у Бугера – «кількість світла»), «сила світла джерела» (у Бугера – «абсолютна сила світла»), «освітленість» (у Бугера – «сила світла»), «яскравість», яку Бугер називає то інтенсивністю світла, то яскравістю світла. Основний принцип фотометричних вимірів Бугер формулює так: «Змусимо спочатку промені від цих двох тіл, що світять (*досліджуваного джерела й свічі – еталона*) падати під однаковим кутом на дві різних ділянки поверхні, яку ми будемо віддаляти на більшу або меншу відстань від світильника або від свічі доти, поки ці дві ділянки поверхні не стануть здаватися нам зовсім однаково освітленими. Тоді залишається лише виміряти обидві відстані, і їхні квадрати будуть виражати відношення абсолютних сил світла двох тіл, що світять».

Бугер сконструював простий фотометр, розробив методи вирівнювання створюваних різними джерелами освітленостей, виконав велику програму фотометричних вимірів. Зокрема, він установив досить важливий закон поглинання світла, відповідно до якого інтенсивність світлового потоку спадає з товщиною поглинаючого шару за експонентним законом $I = I_0 e^{-\alpha x}$.

Ламберт уточнив основні фотометричні поняття й співвідношення, до закону залежності освітленості від відстані він додав закон залежності освітленості від кута нахилу падаючих променів, сформулював закон залежності яскравості джерела від «кута витікання» світла із джерела. Цей закон Ламберта справедливий для абсолютно чорного тіла (яскравість пропорційна синусу кута, утвореного вихідними променями з поверхнею тіла, що випромінюється). Ламберт, однак, вважав його справедливим взагалі й зокрема, думав, що внаслідок цього закону Сонце повинне здаватися рівномірно освітленим диском на противагу твердженню Бугера, що яскравість Сонця спадає від центра до периферії.

Фотометрія була найважливішим досягненням оптики 18 ст. З інших результатів слід зазначити створення, всупереч думці Ньютона, ахроматичних об'єктивів телескопів і труб і відкриття аберації світла (Джемс Брайлей, 1728). Це останнє відкриття дало новий метод визначення швидкості світла й пізніше зіграло важливу роль у розвитку оптики рухомих середовищ.

Відмітимо також роботу Ейлера «Нова теорія світла і кольорів» (1746), в якій він з позицій хвильової теорії світла встановив, що червоні промені мають найбільшу, а фіолетові – найменшу довжину хвилі. З своєї теорії Ейлер вивів можливість уникнення хроматичної аберації, чим у 1758 році скористався англійський оптик Джон Доллонд. З'єднавши лінзу із кронгласа з лінзою із флінгласа, він сконструював ахроматичну лінзу, яку згодом стали використовувати у телескопах, мікроскопах.

3.6. Дослідження з електростатики у 18 ст.

Наукове дослідження електричних і магнітних явищ, яке почалося у 17 ст., було продовжене у 18 ст. В 1700 р. доктор Уолл отримав з натертого великого шматка янтарю електричну іскру, що проскочила із тріском у палець руки експериментатора. Електричну іскру одержав в 1705 р. Хауксбі, який замінив сірчану кулю Геріке скляною. Ньютон в 1716 р. спостерігав іскровий розряд між вістрям голки й наелектризованим тілом. «Іскра



Стефан Грей

нагадала мені про блискавку в малих, дуже малих розмірах», – писав Ньютон. Нарешті, Стефан Грей (1670-1736), також член Лондонського Королівського товариства, в 1729 р. відкрив явище електропровідності тіл і показав, що для збереження електрики тіло повинне бути ізольоване. Він наелектризував дитину, спочатку підвісивши її на шнурах, сплєтених з волосся, а потім поставивши її на смоляний диск. Самі терміни провідника та ізолятора були введені в 1739 р.

Грей відкрив також явище електростатичної індукції.

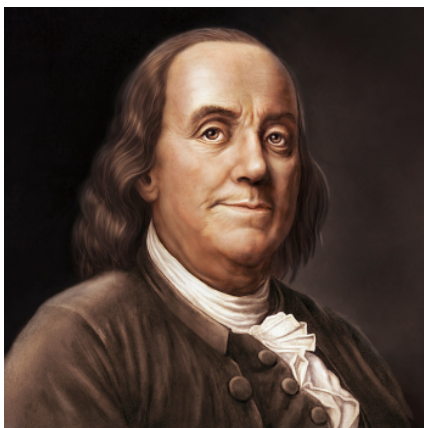
Досліди Грея, опубліковані в 1731 і 1732р., звернули на себе увагу французького натураліста Шарля Дюфе (1698-1739), що створив першу теорію



Шарль Дюфе

електричних явищ. Повторюючи досліди Грея по електризації ізольованого людського тіла, він сам лягав на шовкові шнурки, і його електризували настільки сильно, що з тіла при наближенні руки іншої людини вискакували іскри. Дюфе встановив два роди електричних взаємодій: притягання й відштовхування. Спочатку він установив, що «наелектризовані тіла притягують не наелектризовані й зараз же їх відштовхують, як тільки вони наелектризуються внаслідок сусідства або зіткнення з наелектризованими тілами». Надалі він відкрив «інший принцип, більш загальний і більше чудовий, чим попередні». «Цей принцип, – продовжує Дюфе, – полягає в тому, що існує електрика двох видів, у високому ступені відмінних один від іншого: один вид я називаю «скляною» електрикою, інший – «смоляною»... Особливість цих двох видів електрики: відштовхувати однорідне з ним і притягати протилежне. Так, наприклад, тіло, наелектризоване скляною електрикою, відштовхує всі тіла зі скляною електрикою, і, назад, воно притягає тіла зі смоляною електрикою. Точно так само смоляне відштовхує смоляне й притягає скляне». Цей закон був опублікований Дюфе в Мемуарах Паризької Академії наук за 1733 р.

Нові відкриття в області електрики й удосконалення електричних машин, що одержали кондуктор, подушки для натирання й, нарешті, сенсаційне винахід лейденської банки у 1745-1746 р., збудили інтерес суспільства до електрики. Серед тих, хто вніс найбільший вклад у її вивчення, був основоположник американської науки Бенджамін Франклін.



Бенджамін Франклін

Бенджамін Франклін народився 17 січня 1706 р. в сім'ї миловара на околицях Бостона. Він рано почав трудову діяльність, вступивши учнем у друкарню брата. У 24 роки Франклін відкрив власну друкарню у Філадельфії.

Допитливий юнак невтомно працював над собою, намагаючись задовольнити свою жадобу до знань не тільки книгами, а й через наукові зносини. Він створив у Філадельфії наукове товариство, яке в 1769 р. оформилось у знамениту американську наукову інституцію «American Philosophical Society of Philadelphia», праці якої почали виходити в 1771 р. і виходять і тепер. У цьому товаристві Франклін почав з 1745 р. свої заняття з електрики, які уславили його в науковому світі.

Франкліну довелося виконувати свій обов'язок громадянина й державного діяча. В той час у Сполучених Штатах Америки йшла війна проти Великобританії за здобуття американським народом незалежності від англійських колоністів. Бенджамін Франклін виконував роль консула від Сполучених Штатів під час війни. Після здобуття Сполученими Штатами незалежності Б.Франклін знаходився у керма держави. Роль політичного діяча він виконував до своєї смерті.

Бенджаміну Франкліну також належить і перша пропозиція практично використати електричні властивості тіл (блискавковідвід), правда, вперше застосована не ним, а французом Далімбаром у 1752 р. Його загальновідомий дослід із змієм був приводом до вірша: «він відняв блискавку у небес і меч у тиранів».

Проте головне не в самих його теоріях, дослідях і пропозиціях, які при тодішніх засобах сполучення нерідко перекривалися іншими, а в їх стимулюючому значенні.

Досліди й теорії Франкліна палко обговорювалися, перевірялися, і це привело до дальших успіхів у вивченні електричних явищ. Причина такого успіху Франкліна полягає в безсумнівному популяризаторському таланті його, який, між іншим, виявився у виданні численних журналів, альманахів і книг для народу. Деві відзначав, що Франклін говорив «однаково добре і для фізика-спеціаліста і для фізика-любителя... він залишився однаково ясний і цікавий, простий і приємний».

Про свої дослідження він писав у Європу до члена Лондонського королівського товариства Коллінсона у період від 28 липня 1747 р. до 18 квітня 1754 р. Ми спинимося на його теорії електричних явищ.

Заслуги Франкліна в розвитку вчення про електрику незаперечні. Йому належить перша (якщо не брати до уваги Дюфе) теорія електричних явищ, яка успішно була застосована для пояснення дії лейденської банки. Цю теорію Франклін ілюстрував своїм плоским конденсатором («Франклінова дошка»). Основна ідея франклінської теорії полягає в допущенні існування універсальної електричної матерії, яку не можна спостерігати в тілах у їх нормальному стані. Тіло, яке в наслідок тертя або стискання дістало надлишок електричної матерії, виявляється, за термінологією Бенджаміна

Франкліна, наелектризованим позитивно, тіло, що втратило частину матерії, електризується негативно. Тіла, наелектризовані однаково, відштовхуються, різнойменно – притягуються. Електрична матерія Франкліна задовольняє принцип збереження, ізолювана людина, що натирає скляну паличку, не виявляє електричних властивостей, але якщо інша ізолювана людина здобуде з палички іскру, то обидві вони будуть зарядженими однойменно.

Франклін показав, що обкладки лейденської банки наелектризовані різнойменно. Це відбувається так: при заряджанні внутрішньої обкладки її заряд впливає через скло на електрику протилежної обкладки, відштовхуючи однойменну електрику в землю, внаслідок чого зовнішня заземлена обкладка заряджається негативно. Порушена рівновага електрики відновлюється при розряді, який може бути здійснений відразу або частинами. Сам Франклін здійснив розряд останнього типу з допомогою підвішеної на нитці маленької коркової кульки, яка переносить заряд з однієї обкладки на іншу. З теорії

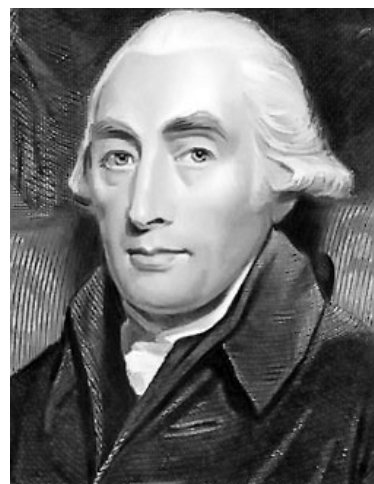


Шарль Кулон

Франкліна впливало, що ролі обох обкладок рівноправні, що він, не гаючи часу, довів, заземливши внутрішню обкладку і зарядив зовнішню.

Особливої уваги заслуговує те, що Франклін раніше від Фарадея здійснив знаменитий дослід із розбірним конденсатором і виявив збереження у склі електричного стану після зняття обкладок.

Теорія Франкліна була зустрінена схвально і використовувалась для пояснення нових фактів та відкриттів в науці та техніці.



Генрі Кавендіш

В дослідженнях французького фізика Ш. Кулона (1736 -1806) за допомогою сконструйованих ним крутильних терезів у 1785 р. було відкрито основний закон електростатики – закон Кулона. Цей закон формулюється так: сила взаємодії між двома точковими зарядами прямо пропорційна добуткові величини зарядів і обернено пропорційна квадратові віддалі між ними. Слід зауважити, що ще в 1771 р. англійський фізик і хімік Г. Кавендіш (1731-1810) серією експериментів встановив цей. основний закон електростатики і, крім того, вперше відкрив вплив середовища на ємність конденсатора і знайшов значення діелектричних проникностей для деяких речовин, але, на жаль, ці дослідження були вперше опубліковані аж через століття – у 1879 р.

3.7. Зародження електродинаміки у роботах Гальвані і Вольта

Успіхи електростатики, що завершилися відкриттям кількісного закону електричних взаємодій (Кулона), сприяли подальшому розвитку досліджень у цій галузі, які привели до відкриття електричного струму. Це відкриття відбулося випадково, але воно було підготовлене всім ходом попереднього розвитку науки про електрику.



Луїджі Гальвані

Наприкінці XVIII ст. були відкриті перші постійні джерела електричної енергії. Це здійснили італійські вчені Л. Гальвані (1737-1798) і А. Вольта (1745-1827). Гальвані, професор анатомії і медицини Болонського університету, перший звернув увагу на фізіологічну дію електричного струму – сіпання лапки препарованої жаби при електричному розряді – і зацікавився роллю електрики в діяльності живого організму.

Фізіологічна дія електрики, відкриття електричних властивостей ската зацікавили лікарів і фізіологів. Природно було чекати, що лікарі зацікавляться електрикою і її застосуванням у лікарській практиці, і той факт, що у італійського лікаря Луїджі Гальвані виявилась електрична машина, цілком відповідав духу часу.

У 1791 р. він опублікував «Трактат про сили електрики при м'язовому русі», де описав здатність мертвого препарату (жаби) проявляти життєві скорочення як під впливом електрофорної машини, так і при введенні в препарат мідної голки, коли другим електродом є залізо. Так Гальвані відкрив прототип гальванічного елемента, склав перші електричні кола з провідників металів і препаратів жаби, хоч і не зрозумів того, що суттю відкритих ним явищ є контактна різниця потенціалів, а вважав, що існує «тваринна електрика».

Прийнято думати, що відкриття Гальвані, які зробили епоху в розвитку вчення про електрику, були випадковими. Мабуть, така думка ґрунтується на перших словах трактату Гальвані: «Я розрізав і препарував жабу... і, маючи на увазі зовсім інше, поклав її на стіл, на якому була електрична машина... Один з моїх помічників вістрям скальпеля випадково дуже легко торкнувся внутрішніх стегнових нервів цієї жаби... Інший помітив... що це вдається тоді, коли з кондуктора машини добувається іскра... Здивований новим явищем, він зараз же звернув на нього мою увагу, хоч я замишляв зовсім інше і був захоплений своїми думками».

Немає нічого дивного в тому, що професор анатомії і медицини Болонського університету Луїджі Гальвані (народився 19 вересня 1737 р., помер 4 грудня 1798 р.) був дуже вражений спостереженням, зробленим його співробітниками, з опису якого починається його знаменитий трактат «Про сили електрики при м'язовому русі». Як справедливо зазначив згодом Вольта, в самому факті здригання лапки препарованої жаби при електричному розряді з фізичної точки зору не було нічого нового: це явище електричної індукції, а саме явище так званого поворотного удару,

розглянутого Магоном у 1779 р. Але Гальвані підійшов до факту не як фізик, а як фізіолог, його зацікавила здатність мертвого препарату проявляти життєві скорочення під впливом електрики.

Він з величезним терпінням і майстерністю дослідив цю здатність, вивчаючи її локалізацію в препараті, умови збудливості, дію різних форм електрики і, зокрема, атмосферної електрики. Класичні досліди Гальвані зробили його батьком електрофізіології, значення якої тепер важко тепер оцінити. Але Гальвані при дослідженні дії атмосфери на препарат прийшов до визначного відкриття. Марно чекаючи скорочення м'язів під час ясної погоди, він «стомлений... марним чеканням... почав притискувати мідні гачки, встромлені у спинний мозок, до залізних ґрат...» «Хоч я, – каже він далі, – нерідко спостерігав скорочення, але жодне не відповідало зміні в стані атмосфери й електрики... Коли ж я переніс тварину в закриту кімнату, поклав її на залізну пластину і почав притискувати до неї проведений через спинний мозок гачок, то з'явилися такі самі скорочення, такі самі рухи». Звідси Гальвані, здійснивши ряд експериментів, приходить до висновку про існування нового джерела та нового виду електрики. До такого висновку приводять його досліди складання замкненого кола з провідних тіл і металів і препарату жаби. Особливо ефектним є такий дослід: «якщо тримати висячу жабу пальцями за одну лапку так, щоб гачок, що проходить через спинний мозок, торкався якої-небудь срібної пластинки, а друга лапка вільно могла б торкатися тієї ж пластинки, то як тільки ця лапка торкається вказаної пластинки, м'язи починають негайно скорочуватися. При цьому лапка стає і піднімається і потім, знову впавши на пластинку, разом з тим стикається з останнього, знову з тієї ж причини піднімається вгору і, таким чином, продовжує далі наперемінно підніматися й падати, тому ця лапка, на велике захоплення і радість спостерігача, починає, здається, змагатися з якимсь електричним маятником».

У такій складній формі було відкрито нове джерело електрики, яке створює у провідному замкненому колі тривалий розряд. Природно, що фізіолог Гальвані не міг допустити й думки, що причина явища полягає в контакті різнорідних металів, і припустив, що м'яз є своєрідною батареєю лейденських банок, неперервно збуджуваною дією мозку, яка передається по нервах.

Теорія тваринної електрики підводила базу під практичну електромедицину, і відкриття Гальвані викликало сенсацію. Серед ревних adeptів нової теорії був і знаменитий Вольт, який негайно приступив до перевірки і старанного кількісного дослідження явища, застосовуючи найновішу електрометричну техніку. Вольт спочатку поділяє точку зору Гальвані. Проте вже тут намічається майбутній відхід від цієї теорії, висуваються на перший план фізичні моменти ефекту. Насамперед Вольт встановлює, що відповідним чином «препарована жаба становить, якщо можна так висловитися, тваринний електрометр, незрівнянно чутливіший, ніж будь-який інший найчутливіший електрометр».

Цими дослідженнями Гальвані зацікавилася багато вчених і насамперед А.Вольта, який не тільки підтвердив результати дослідів Гальвані, а й зробив новий крок в дослідженні та вивченні відкритого ним явища,

сконструювавши перші джерела постійного електричного струму, які дістали назву гальванічних елементів. Ще в 1775 р. Вольта винайшов смоляний електрофор – прилад, що став прообразом електрофорної машини, а в 1781 р. сконструював чутливий електроскоп з соломинками і запровадив його в практику точних вимірювань.



Олександр Вольта

За винайдення стовпа дістав нагороду від Наполеона. Після свого знаменитого винаходу відійшов від наукової роботи і тільки в 1817 р. опублікував два дослідження про град і про періодичність гроз. В 1819 р. залишив професорську кафедру. Помер 5 березня 1827р.

Ставлячись спочатку прихильно до існування «тваринної» електрики, Вольта на основі власних спостережень і експериментів, виконаних у 1792-1794 рр., прийшов до висновку, що явища, які спостерігав Гальвані, пов'язані з наявністю кола з двох різнорідних металів і рідини. В 1799 р. він винайшов перше джерело електричної енергії, яке створює постійний струм (так званий «вольтів стовп»). Досліджуючи різні метали, він встановив контактну різницю потенціалів і склав ряд (алюміній, цинк, свинець, олово, ртуть, залізо, срібло, золото, платина і т. д.), в якому кожний попередній метал у місці контакту з наступним наелектризовується позитивно, а кожний наступний – негативно і чим далі один від одного знаходяться в ряду два метали, тим більша величина контактної різниці потенціалів. Вольта встановлює важливість контакту різнорідних металів. «Така відмінність металів безумовно необхідна; коли ж обидві обкладки з одного й того ж металу, то належить, щоб вони відрізнялися, принаймні, способом їх прикладання...» (тобто станом контактної поверхні). Далі Вольта показує, що струм електричного флюїду зумовлений контактом різнорідних металів і може робити не тільки м'язові скорочення, а й інші подразнення нервів. Зокрема, Вольта повторює дослід Зульцера (не знаючи поки що, що цей дослід був уже здійснений) і звертає увагу на те, «що цей смак продовжує відчуватися і навіть посилюється протягом усього часу, поки ці два метали, олово і срібло, лишаються прикладеними один до кінчика язика, другий до інших частин останнього і поки вони стикаються один з одним, утворюючи якусь провідну дугу. Це доводить, що перехід електричного флюїду з одного місця на друге відбувається постійно й безперервно». Нарешті, Вольта

встановлює полярність ефекту: зміна місць обкладок спричиняє зміну смаку з кислого на лужний.

У дальших статтях: «Опис відкриттів Гальвані», «Третя стаття про тваринну електрику» і «Нова стаття про тваринну електрику» Вольта повністю пориває з теорією тваринної електрики і дає фізичне трактування ефекту. Вольта пише: «... Я відкрив новий дуже визначний закон, який стосується власне не тваринної електрики, а звичайної електрики, бо цей перехід електричного флюїду, перехід, який не є моментальним, яким був би розряд, а постійним і таким, що триває весь час, поки зберігається сполучення між обома обкладками, має місце незалежно від того, чи накладена ця обкладка на живу або мертву тваринну речовину, чи на інші не металічні, але досить добрі провідники, як наприклад, на воду або на змочені нею тіла».

Вольта вважає, що фізіологічні подразнення нервів є результатом проходження струму, і ці подразнення «тим сильніші, чим далі один від одного застосовані два метали в тому ряду, в якому вони поставлені нами тут: цинк, олов'яна фольга, звичайне олово в пластинках, свинець, залізо, латунь і різної якості бронза, мідь, платина, золото, срібло, ртуть, графіт». Цей знаменитий ряд напруг Вольта і відкритий ним закон напруг становлять ядро всього ефекту. Тваринні органи, за Вольта, «є суто пасивними, простими, дуже чутливими електрометрами, і активні не вони, а метали, тобто що від стикування останніх і відбувається початковий поштовх електричного флюїду, одним словом, що такі метали не прості провідники або передатчики струму, а справжні двигуни електрики...». Отже, суть ефекту, на думку Вольта, полягає у властивості провідників «спричиняти і приводити в рух електричний флюїд там, де кілька таких провідників різного класу й сорту зустрічаються і стикаються між собою».

«Звідки й виходить, що коли з них три й більше, і до того різні, утворюють разом провідне коло, якщо, наприклад, між двома металами – сріблом і залізом, свинцем і латунню, сріблом і цинком і т. д. – ввести один або більше провідників, саме з того класу, який названо класом вологих провідників, через те що вони становлять рідку масу або містять якусь вологу (до них належать тваринні тіла та всі їх свіжі й соковиті частини), якщо» говорю я, провідник цього другого класу знаходиться в середині і стикається з двома провідниками першого класу із двох різних металів, то внаслідок цього виникає постійний електричний струм того чи іншого напрямку залежно від того, з якої з сторін дія на нього виявляється сильнішою в результаті його стикування».

Так ясно й чітко сформулював Вольта умови виникнення постійного струму: наявність замкненого кола з різних провідників, причому принаймні один повинен бути провідником другого класу і стикатися з різними провідниками першого класу. Коли гальваністи заперечували дослідами, в яких м'язові рухи збуджувалися дугою з однорідного провідника і навіть, як у дослідах Валлі, стикуваннями різних препаратів без металічного провідника, то Вольта вказував, що й в цих дослідах є неоднорідність. Кінці однієї провідної дуги різні, здійснити їх повну однорідність майже неможливо, контактна різниця може виникнути і при стикуванні різних провідників другого

класу. «... Неметалічні провідники, провідники рідкі або провідники, що мають у собі в тій чи іншій мірі вологу, ті, які ми називаємо провідниками другого класу, і вони одні, поєднуючись один з одним, будуть збудниками, як метали, або провідники першого класу в поєднанні з провідниками другого класу...»

Далі Вольта, щоб усунути всякі сумніви в не фізіологічній, а в справді фізичній суті справи, виключає тваринні препарати, які досі були індикаторами струму. Він розробляє методику вимірювання контактних різниць потенціалів своїм конденсаторним електрометром. Про ці класичні досліди Вольта пише в листі до Грена в 1795 р. і до Альдіні в 1798 р. 20 березня 1800 р. Вольта написав свій знаменитий лист Банксу, де описує свій стовп, – винахід, який зробив справжню революцію в науці про електрику. В листі до Варта від 29 серпня 1801 р. Вольта повідомляє про знайдений ним закон напруги для провідників першого класу $[A/B+B/C+A/C]$. 1 і 21 листопада 1801 р. він прочитав у Парижі дві лекції про свій стовп і закон напруг. Перше повідомлення про ці лекції опублікував Пфафф у IX томі гільбертівських «Анналів» за 1801 р., друге – Біо в X томі тих же «Анналів». Так завершилась історія визначного відкриття і разом з тим історія наукової діяльності Гальвані й Вольта.

Природа відкритого ефекту була дуже складна, і при тодішньому рівні фізико-хімічних наук та фізіології розкрити картину явища було неможливо. У суперечці про природу явища, по суті, мали рацію обидві сторони. Гальвані став основоположником електрофізіології, а Вольта – основоположником учення про електрику. В лабіринті суперечливих дослідів і спостережень Вольта виявив правильний шлях, знайшов експериментальний фізичний закон напруг, правильно описав коло електричного струму. У майбутньому ще будуть великі суперечки в питанні про причину і природу контактної різниці потенціалів, але в її існуванні вже сумнівів не було.

Розділ 4. Розвиток класичної фізики у 19 ст.

4.1. Розвиток механіки у 19 ст.

Працями Ейлера, Лагранжа та ін. математиків і механіків 18 ст. сформувалась та галузь математичного природознавства, яка отримала назву теоретичної механіки. Як така вона виділилась із фізики і її розвиток був тісніше зв'язаний з розвитком математики, ніж фізики.



Луї Пуансо

В 1803 р. вийшла праця Луї Пуансо (1777-1859) «Елементи статики». Пуансо ввів нове динамічне поняття пари сил, вивчив властивості пар, сформулював загальний закон додавання сил, що діють на тіло, і загальні умови рівноваги. В 1811 р. вийшов «Трактат про механіку» Сімеона Пуассона (1781-1840). У цьому трактаті Пуассон розвиває й популяризує традиції Лагранжа, ілюструючи загальні припущення численними прикладами.



Гаспар Гюстав Коріоліс

Математик Жан Віктор Понселе (1788-1867) увів у механіку важливе поняття роботи. Гаспар Гюстав Коріоліс (1792-1843) відкрив прискорення рухомих тіл в обертовій системі, і відповідну силу інерції. Це прискорення нині відомо за назвою «коріолісове прискорення», а сила - під назвою «сила Коріоліса» (1835).



Карл Фрідріх Гаусс

В 1829 р. вийшла робота знаменитого німецького математика К. Ф. Гаусса (1777-1855) «Про один новий загальний принцип динаміки». У цьому творі Гаусс пропонував покласти в основу механіки замість принципу найменшої дії інший – принцип найменшого примусу.

Гаусс близько підходить до методу найменших квадратів: природа діє таким чином, що сума квадратів відхилень руху точки від руху, незбуреного дією сил, є мінімальною. Особливо важливу роль варіаційний принцип найменшої дії зіграв у роботах В.Р.Гамільтона (1805-1865).



Вільям Роуан Гамільтон

Вільям Роуан Гамільтон – ірландський математик і фізик. З 1827 р. він був професором астрономії в Дублінському університеті й директором астрономічної обсерваторії університету. В 1834 р. Гамільтон виступив із програмною статтею «Про загальний метод у динаміці, за допомогою якого вивчення рухів всіх вільних систем точок, що притягаються або відштовхуються, зводиться до відшукування й диференціювання одного центрального співвідношення або характеристичної функції».

Гамільтон пропонує метод, у якому «завдання зводиться до відшукування й диференціювання однієї функції, що задовольняє двом рівнянням у частинних похідних першого порядку й другого ступеня». Цю функцію Гамільтон називає характеристичною, вона пов'язана з введеною Гамільтоном функцією H – нині це функція Гамільтона. У другій статті – «Другий нарис про загальний метод у динаміці» (1835 р.) Гамільтон вводить нову функцію S , яка зараз називається дією, і отримує знамениту систему канонічних рівнянь – рівнянь Гамільтона.



Карл Густав Якобі

Роботам Гамільтона з динаміки передували його роботи з оптики променів, написані ним у період 1827- 1832 р., під загальною назвою «Теорія систем променів». Гамільтону належить заслуга у встановленні оптико-механічної аналогії, що зіграла важливу роль в історії створення хвильової механіки Шредінгера.

Метод Гамільтона в динаміці був розвинутий у «Лекціях з динаміки» Карла Густава Якобі (1804-1851). Теорія Гамільтона-Якобі набула широкого застосування в ХХ в. у квантовій механіці. Оператор Гамільтона є одним з основних операторів сучасної квантової механіки, і в такий спосіб напівзабута фізиками теорія механіки й оптики знайшла нове життя в ХХ сторіччі.

4.2. Розвиток оптики у 19 ст.

Успіхи ньютонівської механіки ХVIII в. вплинули на всі області фізики, у тому числі й на оптику. Незважаючи на захист хвильової теорії світла Ейлером, перемога корпускулярної теорії була безперечною, а самий принцип Гюйгенса був забутий.



Томас Юнг

Що стосується відкритих ще в ХVII в. явищ дифракції й інтерференції, то провідні вчені кінця ХVIII - початку ХІХ в. не сумнівалися в тому, що вони одержать вичерпне пояснення в термінах корпускулярної теорії. Не дивно, що геніальні дослідження Юнга з інтерференції і дифракції світла були зустрінуті з недовірою й навіть із глузуванням, оскільки в них ці явища пояснювалися з погляду хвильової теорії. Незабаром ці дослідження одержали потужну підтримку в роботах Френеля, і хвильова теорія, незважаючи на опозицію провідних учених і надзвичайні труднощі,

викликані відкриттям поляризації, восторжествувала.

Томас Юнг народився 13 червня 1773 р. Уже у дворічному віці він навчився читати, у дев'ятирічному віці вивчив латинську і грецьку мови й до 14 років у досконалості знав до десяти мов. Ці знання допомогли йому пізніше в роботі з розшифровки єгипетських ієрогліфів. Надалі Юнг вивчав медицину, одержавши в 1795 р. ступінь доктора медицини. За два роки до цього він опублікував роботу з фізіологічної оптики «Спостереження над процесом зору», у якій розробив теорію акомодатії ока. З 1801 по 1804 р. Юнг – професор Королівського інституту й автор принципу інтерференції. У 1807 р. вийшла фундаментальна двотомна праця Юнга «Лекції з натуральної філософії». Юнг помер 10 травня 1829 р.

Розбираючи питання про інтерференцію водяних хвиль (термін належить Юнгу), Юнг показує, що при накладанні акустичних хвиль можуть виникати посилення й ослаблення звуку, комбінаційні тони і биття. Це приводить його до аналогії з подібними оптичними явищами і формулювання у 1800-1801 р. основних принципів хвильової оптики. От ці принципи (гіпотези).

1. Світлоносний ефір, дуже розріджений і пружний, заповнює всесвіт.
2. Коливальні рухи збуджуються в цьому ефірі щораз, як тіло починає світитися.
3. Відчуття різних кольорів залежить від різної частоти коливань, збуджених світлом на сітківці.
4. Усі матеріальні тіла притягають ефірне середовище, унаслідок чого воно нагромаджується в їхній речовині і на малій відстані навколо них у стані більшої щільності, але не більшої пружності.

Що ж нового вніс Юнг у своїх принципах після Гюйгенса? Відносно новими є друга і третя гіпотези про світлові коливання і зв'язок світла з частотою коливання. Ми говоримо відносно, тому що до Юнга з усією виразністю ці гіпотези висунув Ейлер. Новою є четверта гіпотеза про ущільнення ефіру у масивних тілах при збереженні пружності. Юнг уперше свідомо вводить довжину світлових хвиль, з'являються термін інтерференція і точне формулювання умов когерентності.

У доповіді 24 листопада 1803 р., опублікованому в «Philosophical Transaction» за 1804 р., Юнг застосовує свій принцип до пояснення дифракційних явищ. Дифракцію від нитки Юнг пояснює інтерференцією, причому смуги поза геометричною тінню виходять інтерференцією прямого світла і світла, відбитого від країв; смуги усередині тіні виходять внаслідок інтерференції пучків, дифрагованих краями нитки. У центрі геометричної тіні виходить світла лінія.

У тій же роботі Юнг прагне поширити принцип інтерференції і на невидимі промені. У 1800 р. Гершель відкрив інфрачервоні («теплові»), а у 1802 р. Ріттер і Волластон – ультрафіолетові. Юнг показав, спроектувавши кільця Ньютона на папір, просочений розчином ляпісу, що і для ультрафіолетових променів справедливий принцип інтерференції.

Свої досліді і принципи Юнг звів у фундаментальну роботу «Лекції з натуральної філософії», що вийшла в 1807 р. Тут Юнг описує свій основний дослід інтерференції від двох щілин, схема якого є основою розрахунку

аналогічних інтерференційних дослідів з інтерференцією від двох когерентних джерел. Але з'явилися нові факти, з якими теорія Юнга в її первісній формі не в силах була справитися. Особливо суворий іспит чекав теорію Юнга у зв'язку з відкриттям Малюсом поляризації світла.



Етьєн Малюс

У 1808 р. у зв'язку з конкурсним завданням Паризької Академії наук Малюс зайнявся дослідженням явища подвійного променезаломлення. Міркуючи над цим явищем, Малюс розглядав через кристал ісландського шпату відбиті промені сонця від скла вікон Люксембурзького палацу й помітив, що одне із зображень зникло. З настанням темряви він повторив дослід зі світлом свічки, спостерігаючи через кристал світло, відбите від поверхні води, і встановив, що при певних кутах падіння одне із зображень зникає. Ретельно досліджуючи явище, Малюс відкрив у світловому промені асиметрію, аналогічну поляризаційним властивостям частинок.

Ідея про поляризаційні властивості корпускул була висловлена ще Ньютоном; Малюс прийняв цю ідею й увів в оптику термін «поляризація світла». Від установив, що поляризація світла спостерігається для променів, що зазнали подвійне заломлення, і що ці промені поляризовані у взаємно перпендикулярних площинах. Він установив також, що відбите від поверхні світло, що падає під певним кутом, поляризується. Брюстер у 1815 р. знайшов, що цей кут повної поляризації задовольняє рівнянню $\operatorname{tg} \alpha = n$, де n - показник заломлення відбиваючої речовини.

У 1810 р. Малюс відкрив закон зміни інтенсивності поляризованого променя при проходженні через аналізатор. Інтенсивність пройденого світла пропорційна квадрату косинуса кута, утвореного площиною поляризації променя із площиною головного перетину кристала-аналізатора.



Франсуа Араго

Відкриття поляризації надихнуло прихильників корпускулярної теорії світла. Лаплас побудував теорію подвійної променезаломлюваності світла в одноосьових кристалах, розглядаючи двояку дію молекул кристала на світлові корпускули. Він вивів також залежність між швидкістю незвичайного й звичайного променів і кутом, утвореним напрямком звичайного променя з оптичною віссю. Араго відкрив явище хроматичної поляризації в одноосьових кристалах, а також обертання площини поляризації у кварці. Біо виявив хроматичну поляризацію в збіжних променях спочатку в одноосьових, а потім у

Відкриття поляризації надихнуло прихильників корпускулярної теорії світла. Лаплас побудував теорію подвійної променезаломлюваності світла в одноосьових кристалах, розглядаючи двояку дію молекул кристала на світлові корпускули. Він вивів також залежність між



Жан Батіст Біо

двохосьових кристалах (1813-1814). В 1815 р. він відкрив закони обертання площини поляризації.

Область оптичних явищ надзвичайно розширилася, і назріла потреба в єдиній теорії, що пояснює всю розмаїтість явищ світла. Така теорія зовсім зненацька для сучасників і особливо для паризьких академіків була створена інженером Огюстеном Френелем. Несподіванка полягала в тому, що ця теорія була хвильовою, здавалося б, повністю скомпрометованою відкриттям Малюса й наступними відкриттями поляризаційних явищ.



Огюстен Френель

Френель не знав про роботи Юнга, коли приступив до вивчення дифракційних явищ. Він виходив із принципу Гюйгенса, доповненого ним принципом інтерференції. Це дало йому можливість одержати закони геометричної оптики: прямолінійне поширення світла, геометричне відбивання і заломлення. Френель показав, що закони геометричної оптики мають місце тільки при нескінченно великих відбиваючих і заломлюючих поверхнях і отворах. Якщо, наприклад, розміри дзеркальної поверхні стають конгруентними з довжиною хвилі, то повинна мати місце дифракція. Точно так само при малих розмірах перешкод і отворів буде спостерігатися дифракція. Але на відміну від Юнга, який вважав, що зовнішні смуги виходять через інтерференцію прямого пучка з променями, відбитими від країв перешкоди, Френель вважає, що відбивання від країв не має місця. Його розрахунок ґрунтується на врахуванні дії всіх точок хвильового фронту, не закритих екраном. Зрозуміло, таке ігнорування дій країв не можна виправдати з боку фізики, але труднощі точної теорії дифракційних явищ настільки великі, що тільки в 1895 р. Зоммерфельд розібрав простий випадок дифракції від краю екрана.

Сам Френель дав наближену теорію, яка цілком охоплює істотні риси явища. Його наближений спосіб підрахунку шляхом розбивання хвильового фронту на зони, що так і увійшли в підручники за назвою зон Френеля, загальновідомий. Френель застосував свою теорію до розгляду дифракції від краю екрана і круглого отвору і знайшов «періодичні зміни інтенсивності світла в міру того, як світло віддаляється від краю геометричної тіні». Результати обчислень виявилися в гарній згоді з дослідом. Це була перша кількісна теорія дифракційних смуг, і Араго, що розглядав разом з Пуансо роботу Френеля, відразу перетворився в прихильника нової теорії.

Комісія в складі Біо, Араго, Лапласа, Гей-Люссака й Пуассона присудила премію мемуару під девізом «*Natura simplex et fecunda*» («Природа проста й плідна»), тобто Френелю, що написав цей девіз на конверті. Під час обговорення роботи виник наступний епізод, описаний у доповіді комісії й прочитаний Араго: «Один зі членів нашої комісії – пан Пуассон – вивів з повідомлених автором інтегралів той дивний результат, що центр тіні від круглого непрозорого екрана повинен бути таким же освітленим, як і в тому випадку, якби екран не існував, – це за умови, що промені проникають у тінь під малими кутами падіння. Цей наслідок був перевірений прямим дослідом, і спостереження повністю підтвердило дані обчислення». Розрахунки

Пуассона Араго перевірів на досліді, перетворивши в такий спосіб заперечення Пуассона в переконливий доказ справедливості теорії Френеля.

Але залишалась нерозв'язаною проблема поляризації. І тут Френель знайшов її розв'язок, припустивши поперечність світлових хвиль, незважаючи на те, в яке протиріччя ця гіпотеза вступає з механікою суцільних середовищ. Тільки ретельні експерименти і перш за все встановлений ним і Араго факт, що промені, початково поляризовані у взаємно перпендикулярним площинах, не інтерферують, навіть якщо їх привести до однієї площини поляризації, заставили його прийняти гіпотезу поперечності світлових хвиль. Ця гіпотеза дозволила Френелю побудувати теорію відбивання і заломлення світла та теорію подвійного заломлення. У мемуарі про подвійне променезаломлення, поданому в Академію наук у грудні 1822 р., Френель описує новий поляризаційний прилад – призму Френеля. У січні 1823 р. Френель подає в Академію наук «Мемуари про закон модифікацій, які надаються відбиванням поляризованому світлу». Тут він отримує формули для амплітуд по різному поляризованих компонентів відбитого світла і на їх основі виводить закон Малюса-Брюстера та поворот площини поляризації у відбитої та заломленої хвилі.

В історії фізики важливу роль зіграв опублікований в 1818 р. в «Анналах хімії й фізики» лист Френеля до Араго по питанню про вплив руху Землі на оптичні явища. Араго намагався виявити це явище, вимірюючи різницю зенітних відстаней зірки, спостережуваної безпосередньо і через призму. Араго такого впливу не виявив. Це дало привід Френелю обговорити на підставі хвильової теорії питання про вплив руху Землі на поширення світла в заломлюючому середовищі. Френель висунув гіпотезу часткового захоплення ефіру, яка допомогла пояснити, чому «рефракція не змінюється зі зміною напрямку світлових променів стосовно руху Землі», як це виявив Араго. Френель показує, що абераційний ефект не зміниться, якщо трубу телескопа заповнити водою, що й було підтверджено дослідом Ейрі у 1871 р. Формула коефіцієнта захоплення була підтверджена в 1851 р. дослідом Фізо, повтореним в 1886 р. Майкельсоном, що проводив цей дослід з Морлі, і в 1914 р. Зеєманом.



Йозеф Фраунгофер

Сучасником Френеля був німецький оптик Йозеф Фраунгофер (1787-1826). Син бідного баварського скляра, він рано почав трудовий шлях, працюючи разом з батьком. Фраунгофер до 14 років був неписьменним. Залишившись в 12 років круглим сиротою, він був призначений учнем у дзеркальну й скляну майстерню. Він потрапив в аварію, коли завалилися два старих будинки, у тому числі й будинок майстерні, і мешканці виявилися похованими під уламками. Усі загинули, і лише чотирнадцятилітнього Фраунгофера відкопали у дуже важкому стані. Цей випадок мав, однак, і сприятливі для Фраунгофера наслідки. Очевидець катастрофи банкір Утцшнейдер став робити заступництво Фраунгоферу, і той зміг, продовжуючи працювати в майстерні,

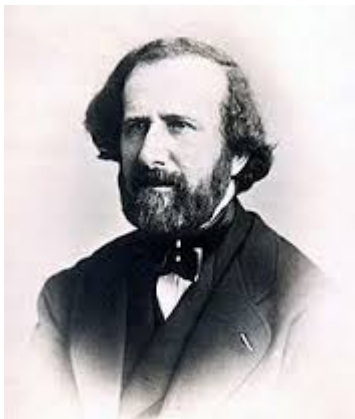
відвідувати недільну школу. Завзята праця перетворила Фраунгофера в гарного майстра оптичного скла, і в 1806 р. Утцшнейдер направив його в Оптико-механічний інститут, що належав фірмі Рейхенбаха, Утц-шнейдера і Лібгера.

Майстерність і талант допомогли Фраунгоферу швидко зробити кар'єру. Через рік, в 1807 р. він стає оптиком інституту, через два – співвласником фірми, ще через два роки він стоїть на чолі всієї баварської оптичної промисловості. Створена ним оптична фірма «Утцшнейдер і Фраунгофер» одержала світову славу, роблячи першокласні оптичні інструменти. Так Фраунгофер пройшов шлях від бідного неписьменного сироти, учня скляного ремісника, до власника світової оптичної фірми, професора й академіка.

Два відкриття в оптиці обезсмертили ім'я Фраунгофера. У 1802 р. Волластон спостерігав у спектрі Сонця сім темних ліній. Він вважав їх границями окремих кольорових ділянок і не досліджував докладно. Тільки після того як Фраунгофер детально вивчив це явище (1814-1815) і описав його у 1817 р., у фізиці з'явився термін «фраунгоферові лінії», що зберігся дотепер. Фраунгофер зафіксував велику кількість темних ліній і найважливіші з них позначив буквами.

Другим фундаментальним відкриттям Фраунгофера була дифракція в паралельних променях і винайдена ним дифракційна решітка. Теорія решітки із хвильової точки зору була дана в монографії Шверда (1792-1871) «Явища дифракції, виведені аналітично з фундаментальних законів хвильової теорії», що вийшла у світ в 1835 р., через 9 років після смерті Фраунгофера. Таким чином, Фраунгофер зробив після Ньютона новий важливий крок у розвитку спектроскопії, підготувавши ґрунт для відкриття Кірхгофа і Бунзена.

Швидкість світла. Успіхи оптики першої половини ХІХ сторіччя не



Іполіт Фізо

обмежилися відкриттями, описаними вище. Удосконалення експериментальної техніки дозволило взятися за розв'язання завдання, поставленого Галілеєм: визначити прямими методами швидкість світла. Завдання це було розв'язано в середині століття майже одночасно двома французькими фізиками: Іполітом Фізо (1819-1896) і Леоном Фуко (1819-1868). Фізо розробив технічно ідею Галілея.

Переривання світлового потоку, що йде від джерела світла, він здійснив автоматично – обертанням зубчастого колеса. Пучок світла, пройшовши через проміжок між зубцями, поширюється на деяку відстань (у досліді Фізо близько 9 км), відбивається від дзеркала і йде назад. Якщо колесо нерухоме, він потрапить у той же проміжок і направиться в око спостерігача. Якщо ж колесо обертається, то залежно від швидкості обертання відбитий пучок потрапить або на зубець, або в наступний проміжок. Міняючи швидкість обертання колеса й



Леон Фуко

вимірюючи число його оборотів, можна визначити проміжок часу між двома проходженнями світла й швидкість світла. Фізо провів свій дослід у 1849 р. і отримав для швидкості світла значення 313000 км/с.

В установці Фуко застосовано метод обертового дзеркала. Особливістю цього методу була можливість порівняння швидкості світла в повітрі і воді. Перші ж спостереження, проведені у 1850 р., показали, що швидкість світла у воді менша, ніж у повітрі. Цей результат розглядався в той час як вирішальний аргумент на користь хвильової теорії, так що перша половина XIX в. ознаменувалася рішучою перемогою хвильової оптики Гюйгенса-Френеля. Корпускулярна теорія була здана в архів. Але через піввіку її ідеї знову привернули увагу фізиків.

4.3. Зародження термодинаміки. Встановлення закону збереження і перетворення енергії.

З винайденням парової машини відбувся технічний переворот у промисловості, який швидко охопив різні галузі народного господарства. В свою чергу таке широке застосування теплової машини вимагало дальшого вдосконалення її, що привело до швидкого розвитку теплотехніки, теоретичні основи якої розробляє термодинаміка.

Виникнення термодинаміки було тісно пов'язане з практичними вимогами знайти раціональні основи для будівництва теплових двигунів. Цим і був зумовлений розвиток двох напрямів у термодинаміці, а саме: а) вивчення робочих циклів теплових машин, що привело до встановлення першого і другого начал термодинаміки; б) вивчення властивостей газів і парів, що привело до встановлення рівнянь стану, які визначають основні властивості конкретних реальних речовин. Ці два напрями в термодинаміці розвивалися у взаємозв'язку, бо застосування першого і другого начал для розв'язання конкретних задач можливе тільки при наявності рівнянь стану.

Вивчення робочих циклів теплових машин бере свій початок з двадцятих років XIX ст., тобто з часу виходу в світ теоретичної праці молодого французького інженера С. Карно «Міркування про рушійну силу вогню і про машини, здатні розвивати цю силу» (1824).



Саді Карно

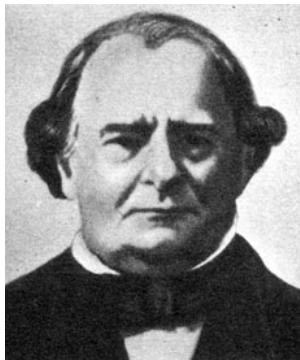
С. Карно (1796 -1832) в цій праці вперше дав теорію колового процесу, яка являла собою схематичне наближення основних принципів дії теплової машини. Аналізуючи коловий процес, названий пізніше циклом Карно, він показав для ідеального випадку (зворотний, квазістатичний процес), що к. к. д. теплової машини не залежить від природи робочого тіла і повністю визначається граничними температурами, між якими машина працює.

Карно вперше звернув увагу на те, що тільки при переході теплоти від тіла більш нагрітого до тіла менш нагрітого можна одержати корисну роботу; і навпаки, щоб перевести теплоту від менш нагрітого тіла до більш нагрітого, треба затратити роботу. Цю фізичну закономірність він встановив на основі розглянутого ним циклу, але пояснив її неправильно, бо він в той час ще дотримувався хибного погляду на

теплоту, як на теплорід. Оскільки теплорід не зникає, а переходить з одного місця на друге, Карно вважав, що кількість теплоти, яку речовина віддає під час колового процесу навколишнім тілам, повинна дорівнювати кількості теплоти, що надходить ззовні: виграш у роботі маємо тому, що утворюється низхідний потік теплоти від більш високої температури до більш низької, подібно до того, як виконується робота при падінні води з вищого рівня на нижчий.

Праця С. Карно відіграла важливу роль у розвитку наукових основ теплотехніки. Стало ясно, що для підвищення к. к. д. теплових машин важливо йти по шляху розширення температурних границь, між якими проходить цикл робочого тіла, тоді як заміна одного робочого тіла іншим сама по собі не може дати ніякої користі.

Розглядаючи теплоту як особливу гіпотетичну речовину – теплорід, Карно не зміг узагальнити елементарне формулювання другого начала термодинаміки на довільний зворотний коловий процес. Це зробили пізніше Р. Клаузіус (1822-1888) і У. Томсон (1824-1907). Важливо підкреслити, що пізніше, зокрема на початку 30-х років, Карно відмовився від теорії теплоріду, визнав взаємну перетворюваність теплоти і механічної роботи, наближено обчислив механічний еквівалент теплоти і висловив у загальній формі закон збереження енергії.



Бенуа Клапейрон



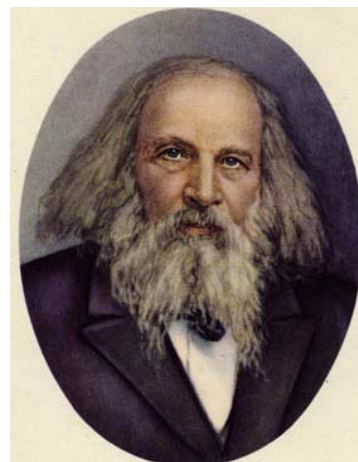
Жозеф Гей-Люссак

маси m . Це рівняння було назване *рівнянням Менделєєва-Клапейрона*.

Слід зауважити, що ще в першій чверті XIX ст.

Вперше праця С. Карно дістала гідну оцінку і була продовжена в 1834 р. французьким інженером та фізиком Б. Клапейроном (1799-1864). Аналізуючи працю С. Карно, яка стала вихідним пунктом для встановлення другого начала термодинаміки, Клапейрон вперше в науці застосував графічний метод – так

званий метод індикаторних діаграм для графічного зображення робочих циклів. У тому ж 1834 р. Клапейрон вивів рівняння стану ідеального газу у вигляді $pV = BT$, де p – тиск; V – об'єм; T – абсолютна температура газу; B – стала величина для даної маси газу. Це рівняння узагальнив у 1874 р. Д. І. Менделєєв, який ввів поняття універсальної газової сталої R , розкрив її фізичну суть і записав рівняння стану ідеального газу для будь-якої



Дмитро Менделєєв



Джон Дальтон

були встановлені, переважно дослідно, основні газові закони і запроваджені такі важливі поняття, як газова стала, питома теплоємності газів, парціальний тиск газу тощо. Слідом за законом Бойля-Маріотта, в 1802 р. французький фізик Ж. Гей-Люссак (1778-1850), незалежно від англійського хіміка і фізика Д. Дальтона (1766-1844), відкрив закон, згідно з яким коефіцієнт об'ємного розширення для всіх газів при сталому тиску однаковий і дорівнює 273 град^{-1} . Цей закон Гей-Люссак поширив також на пару і показав, що енергія пари однакова як в пустоті, так і в газових сумішах. Д. Дальтон в цей час відкрив закон, згідно з яким загальний тиск суміші газів дорівнює сумі їх парціальних тисків. Це відіграло досить важливу роль у процесі вивчення властивостей газів.

Паралельно з цими дослідженнями французький фізик Ж. Шарль (1746-1823) установив зв'язок між тиском газу, який займає постійний об'єм, і його температурою, причому і тут виявилось, що термічний коефіцієнт тиску однаковий для всіх газів і дорівнює 273 град^{-1} . Із закону Шарля не важко встановити існування температури, при якій майже припиняється рух молекул і яка дістала назву «абсолютного нуля». Абсолютний нуль, як відомо, лежить на $273,16^\circ$ нижче від 0° за шкалою Цельсія, і на його основі запроваджено нову шкалу температур, так звану абсолютну шкалу Кельвіна.



Жан Шарль



Амедео Авогадро

У 1811 р. італійський фізик А.

Авогадро (1776-1856) сформулював важливе для фізики положення, яке було назване законом Авогадро. Згідно з ним, при однакових умовах температури і тиску, в однакових об'ємах усіх газів міститься та сама кількість молекул $N = 6,025 \cdot 10^{26} \text{ кмоль}^{-1}$.

Початок вивченню адіабатичного процесу в газах поклав своїми дослідженнями Гей-Люссак, який у 1807 р. встановив, що при швидкій зміні тиску газу відбувається різка зміна його температури і газ інтенсивно нагрівається (адіабатичний стиск) або інтенсивно охолоджується (адіабатичне розширення).

П. Лаплас, а дещо пізніше, в 1819 р. Н. Клеман (1779-1841) і Ш. Дезорм (1777-1839) запропонували метод для визначення відношення питомої теплоємності при сталому тиску до питомої теплоємності при сталому об'ємі, заснований на адіабатичній зміні тиску і температури повітря. Клеман і Дезорм вже дослідили, що для повітря $\gamma = 1,41$, і тим самим довели, що C_p більше, ніж C_v . Нарешті, у 1823 р. почесний член Петербурзької Академії наук, французький учений С. Пуассон (1781-1840) у



Сімеон-Дені Пуассон

результаті теоретичних досліджень змін температури і густини газу при адіабатичному процесі знайшов рівняння адіабатичного процесу $pV^\gamma = \text{const}$. Це рівняння названо *рівнянням Пуассона*.

Сорокові роки XIX ст. займають особливе місце в розвитку термодинаміки: вони ознаменовані цілим рядом фундаментальних досліджень, які привели до остаточного встановлення першого начала термодинаміки. Першими дослідженнями, в яких був сформульований принцип еквівалентності теплоти і роботи в зв'язку з загальною ідеєю про взаємоперетворюваність різних форм енергії в сталих співвідношеннях, були праці німецького вченого Р. Майєра (1814-1878) «Про кількісне і якісне визначення сил» (1841) та «Замітки про сили неживої природи» (1842).



Роберт Майєр

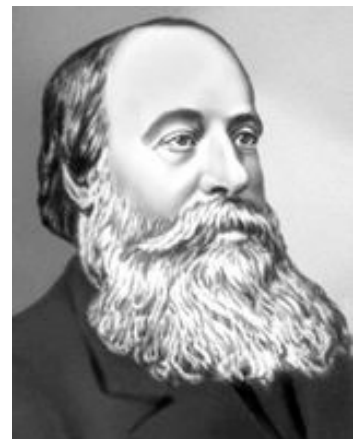
Причиною, що наштовхнула Р. Майєра на виконання цих важливих досліджень, були його власні спостереження під час подорожі на о. Яву. Працюючи лікарем, Майєр помітив, що в людей тропічного поясу венозна кров набагато світліша, ніж у жителів помірною поясу, і прийшов до думки, що в людському організмі повинен існувати прямий зв'язок між споживанням продуктів і утворенням теплоти і що при виконанні фізичної роботи в крові з'являються сполуки з киснем, тобто продукти горіння. Аналізуючи ці спостереження, Майєр прийшов до встановлення принципу еквівалентності тепла і роботи в зв'язку з загальною ідеєю про взаємоперетворюваність різних форм руху. На основі знайденого співвідношення між теплоємностями при сталому тиску і сталому об'ємі (відомим тепер під назвою рівняння Майєра) він теоретично обчислив значення механічного еквівалента теплоти.



Емілій Ленц

У роботі «Органічний рух у зв'язку з обміном речовин» (1845) Майєр продовжив розвивати свій принцип і чітко підкреслив, що рух, теплота, електрика, хімічні процеси і т. п. є якісно різні форми «сил» (у термін «сила» він вкладав поняття енергії), що перетворюються одна в одну при незмінних кількісних співвідношеннях. В цьому і полягає закон збереження і перетворення енергії, сформульований Майєром. На основі цих досліджень Майєр різко виступив проти псевдонаукової теорії теплоруду та інших невагомих матерій.

У 1843 р. російський фізик Е.Х. Ленц опублікував працю «Про закони виділення теплоти гальванічним струмом» та англійський фізик Д.Джоуль (1818-1889) – працю «Про тепловий ефект електромагнетизму і



Джеймс Джоуль

величину роботи теплоти», в яких було встановлено закон теплової дії електричного струму. Д. Джоуль у 1843-1850 рр. здійснив серію експериментів для визначення механічного еквівалента теплоти за допомогою механічної роботи сил тертя і визначив його числове значення.



Герман Гельмгольц

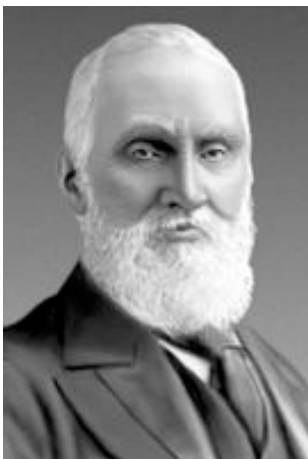
У 1847 р. видатний німецький природодослідник Г. Гельмгольц (1821-1894) написав працю «Про збереження сили», в якій закон збереження і перетворення енергії набув строгої математичної форми. Гельмгольц проаналізував більшість відомих на той час фізичних явищ і показав, що всі вони підпорядковані закону збереження енергії, цим самим підкресливши його загальність.

4.4. Відкриття 2-го начала термодинаміки і становлення статистичної фізики



Рудольф Клаузіус

П'ятдесяті роки XIX ст. характеризуються появою ряду важливих робіт, присвячених другому началу термодинаміки. Саме в 1850 р. з'являється робота «Про рушійну силу тепла» німецького фізика Р. Клаузіуса, в якій він повертається до ідей С. Карно, тобто до вивчення проблеми особливих властивостей передачі енергії в тепловій формі, до проблеми другого начала термодинаміки, розвиваючи і узагальнюючи її вже в світлі першого начала. Користуючись уявленням про необоротність реальних процесів і запровадивши поняття зведених теплот, він обґрунтував специфічні особливості теплового руху і дав формулювання другому началу: теплота не може сама собою перейти від більш холодного тіла до більш теплого. Разом з цим Клаузіус підкреслив, що друге начало хоч є і самостійний закон, але в той же час це необхідне доповнення до першого начала.



Уільям Томсон

У 1851-1852 рр. вийшли в світ перші роботи англійського фізика У. Томсона (лорда Кельвіна) під загальною назвою «Про динамічну теорію тепла», також присвячені другому началу. В цих роботах Томсон узагальнив принцип С. Карно для процесів, що відбуваються в теплових машинах, на довільні явища, пов'язані з тепловим рухом у макроскопічних тілах. Розглядаючи друге начало як загальний закон природи, Томсон в 1854 р. показав, що воно дає змогу побудувати абсолютну шкалу температур, принципово незалежну від вибору термометричної речовини.

У наступне десятиліття, працюючи паралельно і незалежно, Томсон і особливо Клаузіус завершили створення класичної теорії другого начала, надавши йому сучасної математичної форми і здійснивши його елементарне обґрунтування. При

цьому Клаузіус у 1865 р. ввів фундаментальне поняття ентропії S , за допомогою якого він прийшов до загального аналітичного формулювання другого начала, а саме: $dS \geq \delta Q/T$, де dS – приріст ентропії; δQ – приріст кількості теплоти; T – абсолютна температура. Поряд з цим, уточнивши в 1864 р. поняття внутрішньої енергії – U і позначивши приріст механічної роботи через δW , він дістав остаточний аналітичний вираз першого начала у вигляді $\delta Q = dU + \delta W$ і в 1866 р. об'єднав ці закони в основному рівнянні термодинаміки, яке для квазістатичних процесів має такий вигляд: $TdS = dU + \delta W$.

Роботи Р. Клаузіуса, У. Томсона завершили формування першого етапу феноменологічної термодинаміки і перетворили її в самостійну фізичну науку з цілком характерним методом дослідження – методом циклів, з міцно закладеними загально-фізичними основами, які зумовили внутрішні закономірності її наступного розвитку і швидке розширення кола її застосувань.

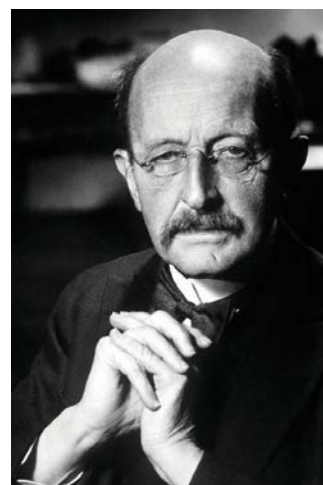
Другий етап розвитку термодинаміки, що сформувався в сімдесятих роках XIX ст., характеризується двома важливими обставинами. По-перше, протягом цього періоду поглиблюється і узагальнюється не тільки обґрунтування, а й саме трактування основних положень термодинаміки і насамперед другого начала. По-друге, завдяки великій загальності, якої на той час досягає термодинамічний метод, дуже швидко розширюється коло фізико-хімічних і хімічних явищ, які вивчаються термодинамікою. Зокрема, в цей період зароджується термодинаміка фазових перетворень і розчинів,



Вальтер Нерст

виникає термодинаміка електромагнітних процесів, в тому числі випромінювання. А в 1906 р. дослідженнями німецького фізика В. Нернста (1864-1941) була встановлена за допомогою узагальнення дослідних фактів, що стосуються галузі низьких температур і тісно зв'язані з важливою проблемою хімічної спорідненості, загальна теорема, яка характеризує поведінку ентропії конденсованих систем поблизу абсолютного нуля, а також дає можливість

зробити висновки про ряд інших важливих властивостей тіл при низьких температурах. Ця теорема, яку називають третім началом термодинаміки, поширена М. Планком в 1911 р. на довільні системи і сформульована ним у вигляді постулату, що поблизу абсолютного нуля ентропія кожного тіла прямує до нуля, є основою термодинаміки низьких температур.



Макс Планк

Слід зауважити, що однією з головних проблем розвитку термодинаміки в середині другої половини XIX ст. було обґрунтування другого начала. Чому постало це питання? Відповідь проста. В той час обґрунтування 1-го начала

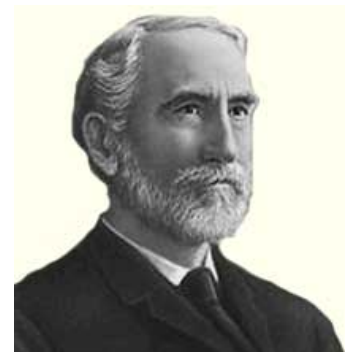
термодинаміки було в основному завершено. Цей закон природи був перевірений численними дослідженнями. Але обґрунтування другого начала залишалося не завершеним. Обґрунтування його, дане Р. Клаузіусом і У. Томсоном, було недосконалим. Принциповим недоліком класичних праць цих вчених було те, що вся теорія розроблялася ними описово і друге начало термодинаміки формулювалось як безпосереднє узагальнення досліду. При цьому не був досліджений зв'язок загального математичного формулювання другого начала з основними властивостями таких термодинамічних величин, як кількість тепла, температура тощо. Такий підхід в дослідженнях найважливіших фізичних законів значною мірою зумовив істотні методологічні недоліки в працях Р. Клаузіуса і У. Томсона, що, зокрема, привело до формулювання ними антинаукової гіпотези про так звану «теплову смерть» Всесвіту.



Людвіг Больцман

Нищівній критиці гіпотеза «теплової смерті» була піддана в працях одного з основоположників статистичної фізики австрійського фізика Л. Больцмана (1844-1906), який вперше дав статистичне доведення другого начала термодинаміки, з'ясував суто статистичну природу теплових явищ і довів неабсолютний характер термодинамічної необоротності, – виходячи з основ загальної теорії флуктуації, розробленої Больцманом. При цьому Больцман показав, що мікроскопічні процеси, які лежать в основі всіх термодинамічних явищ, є оборотними і аналітично виразив ці ідеї в 1877 р. в своєму принципі, який встановив прямий зв'язок між ентропією системи та ймовірністю її стану. Пізніше один з основоположників статистичної фізики, американський фізик Д. Гіббс (1839-1903) у своїй роботі «Елементарні принципи статистичної механіки, розроблені стосовно до раціонального обґрунтування термодинаміки» (1902) встановив найбільш

універсальний статистичний розподіл – розподіл Гіббса і показав, що всі термодинамічні закономірності можуть бути безпосередньо виведені з основних положень статистичної фізики. В цій же роботі він дав загальну теорію флуктуації і розробив систему статистичної механіки, що дає змогу тлумачити запроваджені ним термодинамічні функції на основі атомістичного вчення.



Джозайя Гіббс

4.5. Відкриття електромагнетизму

21 липня 1820 р. вийшла в Копенгагені латинською мовою брошура «Досліди, що стосуються дії електричного струму на магнітну стрілку». Автор брошури професор Копенгагенського університету Ерстед (1777-1851) розіслав її в усі наукові установи й журнали з фізики і цим актом підкреслив важливість свого відкриття. Заслуга Ерстеда полягає насамперед у тому, що

він зрозумів важливість та новизну свого відкриття і привернув до нього увагу вченого світу. «Гальванічна електрика, що йде з півночі на південь над вільно підвішеною магнітною голкою, відхиляє її північний кінець на схід, а



Ханс Крістіан Ерстед

проходячи в тому ж напрямі під голкою, відхиляє її на захід». Так резюмував Ерстед суть свого відкриття. Принципіальна важливість відкриття Ерстеда, яка стимулювала безсмертні відкриття Ампера й Фарадея, полягала ось в чому:

1. Було встановлено зв'язок між двома групами явищ, які з часів Гілберта вважали принципіально різними.

2. Було відкрито новий вид взаємодії. Досі фізика знала центральні сили. Провід не притягує і не відштовхує полюсів стрілки, а встановлює її перпендикулярно до своєї довжини.

3. Нарешті, нове відкриття давало в руки фізикам засіб побудувати чутливий і зручний індикатор струму.

4. І останнє: ефективність і гнучкість нової взаємодії мали в собі зерно майбутніх технічних застосувань електричної сили.



Андре Марі Ампер

18 вересня 1820 р. Паризька академія заслухала Ампера про електромагнетизм. Андре Марі Ампер народився 22 січня 1775 р. в Ліоні в родині комерсанта. Його батько був освіченою людиною, і Ампер ще хлопцем 14 років прочитав з великим захопленням усі двадцять томів «Енциклопедії» Дідро і Даламбера. В 1793 р. Ліон постав проти республіки. При придушенні повстання батька Ампера було страчено як аристократа. Страта батька дуже вплинула на 18 р. юнака. В 1802 р. вийшла праця

Ампера, присвячена теорії ймовірностей – «Міркування про математичну теорію гри». Найвизначнішими працями є: «Дослідження про застосування варіаційного числення до задач механіки», «Доведення принципу можливих переміщень», «Дослідження в галузі аналізу» та інші.

Улітку 1820 р. в Женеві відбувся з'їзд природодослідників. На цьому з'їзді Де-ля-Рів демонструвався дослід Ерстеда. Араго, який був присутній на з'їзді, після повернення до Франції зробив 4 вересня повідомлення в академії про нове відкриття, а через тиждень відтворив перед академіками дослід Ерстеда. Ще через тиждень відбулося перше повідомлення Ампера, в якому він запропонував своє знамените «Правило плавця» для визначення напрямку відхилення стрілки й висловив думку, що магнетизм Землі спричиняється круговими струмами, які обтікають Землю зі сходу на захід. Очевидно, що Ампер уже знав магнітну дію струму. Але тоді, робить висновок Ампер, і причину магнетизму постійного магніту слід вбачати в кругових струмах, що обтікають магніт у площинах, перпендикулярних його осі. Магніт за

уявленням Ампера, аналогічний котушці зі струмом. Тому Ампер спочатку довів, що така котушка справді діє на стрілку, а потім дослідив взаємодію котушок. Отже, до основного факту взаємодії струмів Ампер прийшов на основі певної гіпотези, яку можна назвати «електродинамічною гіпотезою магнетизму». Разом з Ампером електромагнетизм доводив Араго, який знайшов, що мідний дріт зі струмом притягує залізні ошурки і що стальну голку можна намагнітити, пропускаючи по ній струм. В такій формі в перше був створений електромагніт. 25 вересня 1820 р. Ампер доповів про зроблене ним відкриття взаємодії струмів, а Араго – про відкриття намагнічування струмом. Ампер пропонує назвати нові факти електродинамічними й поділити вчення про електромагнетизм на дві частини: електростатику і електродинаміку.

30 жовтня Ампер повідомляє про нове підтвердження своєї теорії: вільно підвішений соленоїд орієнтується в магнітному полі Землі як магнітна стрілка. На цьому ж засіданні Біо і Савар повідомили про знайдений ними закон дії прямого струму на магнітну стрілку: «Якщо провідник з вольтовим струмом, що проходить по ньому, діє на частинку північного або південного магнетизму, яка перебуває на певному віддаленні від середини провідника, то рівнодійна всіх сил провідника напрямлена перпендикулярно до найкоротшої віддалі частинки від дроту, і загальна дія провідника на будь-якій південно або північно магнітній елементі обернено пропорційна віддалі останнього від дроту». Лаплас показав, що закон Біо-Савара можна вивести, припустивши, що дія струму складається з дій його окремих елементів. Цей елементарний закон поклав початок математичній теорії електродинаміки.



Томас Зеебек

Цілком зрозуміло, що основні передумови теорії Ампера зазнавали критики. Ампер зводив явища магнетизму до електрики. І в цьому пункті його погляди зазнавали критики. Переважна більшість фізиків, у тому числі й сам Ерстед, і далі Берцеліус, Біо, вважали, що суть явища полягає в тому, що струм розкладає магнетизм. Зеебек (1770-1831) відкрив термоелектрику, він виходив з ідеї, що магнетизм можна викликати контактом різномірних металів. Приєднуючи натисненням пальців кінці дроту мультиплікатора до стикаючих пластинок з міді і вісмуту, він помітив відхилення стрілок. Холодна волога рука не давала відхилення, тоді як натиснення теплою рукою навіть через скло давало відхилення. Зеебек зробив правильний висновок, що причиною є різниця температур, і назвав відкрите ним явище «термомагнетизмом». Ерстед і Фур'є, повторюючи досліди Зеебека, відкрили розкладання солей, тому вони запропонували назвати нове явище термоелектрикою. У листопаді 1824 р. Араго доповів академії, що магнітна стрілка, яка коливається, заспокоюється швидше, коли під неї підводять мідну або іншу металічну пластинку. А 7 березня 1825 р. він доповів про ще більш визначний ефект: при обертанні металічної пластинки магнітна стрілка, що була під нею або над нею, так само починала обертатися. Це явище було названо «магнетизмом обертання».

Араго відіграв важливу роль у всіх досягненнях революційної фізики. Він брав активну участь в астрономічних дослідженнях і був співробітником і учнем Лапласа. Він разом з Френелем закладав основи нової оптики і разом з



Вільям Стерджен

Ампером – основи електродинаміки. Твори Араго численні і різноманітні. Він вивчав астрономію, оптику, електромагнетизм. Відкриття зв'язку між електрикою і магнетизмом, крім свого визначного науково – принципіального значення, означало також наближення епохи технічних застосувань електрики. Син шевця, артилерист Вільям Стерджен винайшов електромагніт. Електромагніти Стерджена були виготовлені з легкого заліза.

Першим творцем електромагнітного телеграфу був російський вчений Павло Львович Шілінг.

Важливі експериментальні дослідження законів кола постійного електричного струму здійснив у 1825 р. німецький фізик Г. Ом (1787- 1854). На основі цих досліджень він зробив висновок про однаковість величини струму в різних ділянках кола, з'єднаних послідовно, про залежність її від довжини провідників, площі поперечного перерізу і про залежність величини струму від матеріалів, з яких виготовлені провідники. У 1826 р. Ом сформулював основний закон електричного кола, що пов'язує опір кола, електрорушійну силу і силу струму в колі, який називається законом Ома, і описав його в праці «Гальванічне коло, розроблене



Георг Ом



Густав Кірхгоф

математично д-ром Г.С.Омом» (1827). Визнання цього закону

дещо затяглося. Лише після проведення рядом фізиків більш досконалих методів вимірювання, які підтвердили висновки Ома, закон Ома дістав загальне визнання. Особлива заслуга в цьому належить німецькому фізику Г. Кірхгофу (1824-1887), який протягом 1845-1849 рр. теоретично досліджував проходження електричного струму по провідниках різної конфігурації і розгалужених колах. Кірхгоф, скориставшись теорією потенціалу, розробленою англійським математиком Д. Гріном (1793-1841), який у

1828 р. в праці «Дослід застосування математичного аналізу до теорії електрики і магнетизму» ввів поняття потенціалу, і спираючись на роботи М.В.Остроградського (1801-1861), який відкрив ряд теорем про потенціал, та на дослідження інших вчених, запровадив в теорію електрики сучасне поняття про потенціал і в більш загальній формі сформулював закон Ома. Це дало йому можливість у 1847 р. встановити закономірності проходження електричного струму в розгалужених колах, так звані правила Кірхгофа.

4.6. Відкриття електромагнітної індукції

Новий важливий етап у розвитку електродинаміки пов'язаний з ім'ям видатного англійського фізика М. Фарадея (1791-1867), який здійснив фундаментальні відкриття в галузі електрики та магнетизму і відіграв значну роль у їх практичному застосуванні.



Майкл Фарадей

Народився Фарадей у передмісті Лондона в робітничій сім'ї, яка виховувала в дітей любов до праці, чесність, гордість. Не маючи можливості, через матеріальні умови, закінчити навіть початкової школи, він у дванадцятирічному віці почав працювати в палітурній майстерні книжкової крамниці, де мав змогу читати книжки і цим самим, як і відвідуванням недільних лекцій, заповнювати прогалини в своїй освіті. Слухаючи і захоплюючись лекціями відомого англійського вченого, професора Королівського інституту Г. Деві, Фарадей звернувся до нього з проханням прийняти його на роботу в інститут. В 1813 р. Деві взяв Фарадея в інститут, і тут пройшла вся його наукова діяльність. Перші досліди Фарадея були присвячені хімії. Він вперше добув рідкий хлор і виконав ряд важливих праць по зрідженню газів, а в 1825 р. одержав бензол. Його наукова популярність швидко зростала. В 1824 р. його обирають членом Лондонського Королівського товариства, а в 1825 р. він очолив лабораторію Королівського інституту.

Уже в 1821 р. Фарадей, виходячи з ідеї про двосторонній зв'язок між електрикою і магнетизмом, поставив перед собою завдання знайти електродинамічний аналог електростатичній індукції – «перетворити магнетизм в електрику». Десятирічна напружена праця увінчалась успіхом. У серпні 1831 р. Фарадей здійснив одне з найблискучіших своїх відкриттів – відкрив електромагнітну індукцію, тобто одержав індукційний струм у вторинній обмотці при замиканні й розмиканні струму в первинній обмотці. В цьому ж році була надрукована перша серія його знаменитих «Експериментальних досліджень з електрики», а остання, тридцята, вийшла в світ у 1855 р. В цих серіях, які складаються з 3000 параграфів, відбиті погляди, думки й результати наукових експериментів майже двадцятип'ятирічної дослідницької діяльності Фарадея, протягом якої він детально дослідив явище електромагнітної індукції, вивів закони, що визначають електрорушійну силу індукції, вперше дослідив відкрите ним явище самоіндукції і електроструму замикання й розмикання, висловив передбачення, що електричні і магнітні дії не безпосередньо передаються від тіла до тіла, а переносяться через діелектричне середовище, що лежить між ними, і що це середовище істотно впливає на перебіг у ньому електричного явища. Фарадей вперше довів, що всі види електрики, відомі в той час, – термоелектрика, гальванічна, статична й індукційна – мають єдину природу, якісно тотожні між собою і відрізняються тільки кількістю та інтенсивністю.

Слід зауважити, що відкриття електромагнітної індукції відразу ж набуло

великого наукового і практичного значення і сприяло швидкій побудові перших електромагнітних генераторів електричного струму, здійснених російським фізиком Е.Х. Ленцем і Б.С. Якобі.

При встановленні законів електролізу (1833-1834) Фарадей запровадив і основну термінологію цього явища. Він вперше вводить поняття електричного та магнітного поля і формулює поняття про електричні й магнітні силові лінії, вважаючи їх реально існуючими. Особливо детально він дослідив характер магнітних силових ліній, підкреслюючи, що вони наявні в кожному магнітному полі, як деякі ниткоподібні елементи магнітного потоку.

У 1845 р. Фарадей відкрив діамagnetизм і парамагнетизм, а в 1846 р. вперше спостерігає безпосередню дію магнітного поля на світло – відкриває магнітне обертання площини поляризації. Останнє стало важливою віхою у наступному формулюванні електромагнітної теорії світла Дж. Максвеллом.

Велику роль у дослідженні явищ електромагнетизму, у розробці законів електромагнітної індукції відіграв академік Петербурзької Академії наук Е. Х. Ленц (1804-1865). Розпочаті ним з початку 30-х років XIX ст. в фізичній лабораторії Академії наук дослідження з електрики і магнетизму привели його в 1833 р. до встановлення правила, що визначає напрям індукційних струмів і формулюється так: напрям індукційного струму завжди такий, що його магнітне поле протидіє тій причині, яка його зумовила. Це правило Ленца, сформульоване ним у вигляді динамічного закону, відіграло принципову роль при конструюванні перших електричних машин, здійснених Е. Х. Ленцом разом з російським фізиком і електротехніком, академіком Петербурзької Академії наук Б. С. Якобі (1802-1874). У 1842 р. Е. Х. Ленц на основі численних експериментів встановлює (паралельно з англійським фізиком Д. Джоулем) закон теплової дії електричного струму, згідно з яким кількість теплоти, що виділяється при проходженні струму по провіднику, пропорційна квадрату величини струму, опору провідника і часу проходження струму. Закон Джоуля-Ленца відіграв істотну роль у встановленні закону збереження і перетворення енергії.

4.7. Створення теорії електромагнітного поля

Фундаментальні дослідження М. Фарадея, Е. Х. Ленца та інших вчених у галузі електромагнетизму, ідеї Фарадея про зв'язок між електричними і магнітними полями, його теорія – модель електромагнітного поля були тією



необхідною ланкою в розвитку науки, на основі якої була завершена теоретична розробка класичної електродинаміки, створена теорія електромагнітного поля і сформульована електромагнітна теорія світла. Це здійснив англійський фізик Джеймс Клерк Максвелл (1831-1879).

Джеймс Клерк Максвелл народився 13 червня 1831 р. в Шотландії в маєтку Гленлер поблизу Едінбургу. Видатні математичні здібності Максвела проявилися ще в роки навчання в середній школі в Едінбурзі і

Джеймс Клерк Максвелл

особливо в час навчання в Едінбурзькому коледжі, коли він самостійно працював над питаннями

механіки та геометрії. З 1850 р. по 1854 р. Максвелл навчається в Кембриджі в Триніті – коледжі. Після закінчення навчання він залишається на 2 роки і працює над проблемами кольорознавства і механіки. З 1856 по 1860 р. Максвелл викладає фізику в Абердині. В 1871 р. Максвелл приймає пропозицію зайняти місце директора і професора лабораторії Кевендиша в Кембриджі. На цій посаді він залишається до смерті 5 листопада 1879 р.

Уже в першій роботі «Про фарадеївські силові лінії», написаній у 1855-1856 рр., Максвелл зробив спробу викласти уявлення Фарадея за допомогою математики і розглянути за допомогою методу силових трубок Фарадея електричні й магнітні взаємодії. У 1861-1862 рр. надруковано ряд статей Максвелла, які увійшли до його другої праці з теорії електромагнетизму «Про фізичні силові лінії», де він розвиває свої висновки з першої роботи і показує, що електротонічний стан, запропонований Фарадеєм, є не що інше, як магнітне поле. У створеній новій теорії Максвелл висунув на перший план роль середовища і поставив перед собою мету знайти механічну модель, яка розкривала б поведінку цього середовища в магнітних взаємодіях. За допомогою побудованої ним моделі він приходить до знаменитих рівнянь. Система рівнянь Максвелла узагальнила ідеї Фарадея і розкрила взаємозв'язок електричних та магнітних полів. З рівнянь Максвелла випливав надзвичайно важливий висновок, передбачений ще Фарадеєм: змінне електромагнітне поле поширюється з скінченою швидкістю, яка дорівнює швидкості світла у вакуумі. Отже, це свідчило про існування електромагнітних хвиль з усіма науковими й технічними наслідками цього відкриття.

У 1873 р. вийшла в світ знаменита праця Д. Максвелла «Трактат з електрики і магнетизму», в якому він, підсумувавши свої дослідження в галузі електромагнітного поля, показав, що світло є не що інше, як електромагнітні хвилі, відмітив тісний зв'язок між оптичними й електромагнітними властивостями середовища, вперше запровадив поняття про струм зміщення. При цьому він зазначив, що струм зміщення, який виникає в діелектрику між обкладинками конденсатора, утворює магнітне поле. Слід зауважити, що основну ідею про електромагнітну природу світла висловив Максвелл ще в 1865 р. До заслуг Максвелла слід віднести і те, що він перший дослідив залежність показника заломлення світла від діелектричної проникності середовища, тобто вивів співвідношення $\epsilon\mu=n^2$, а також установив наявність обертання площини поляризації світла в електромагнітному полі.

Теорію Максвелла, яка завершила розробку класичної електродинаміки, створила наукові основи електромагнітного поля і відкрила електромагнітну природу світла, фізики спочатку зустріли недовіркою, і остання чверть XIX ст. пройшла по суті під лозунгом експериментальної й теоретичної перевірки теорії Максвелла. Становище ускладнювалось ще й тим, що основні посилення і висновки теорії не були достатньою мірою підтверджені експериментально.

Одна з перших проблем, яка впливала з теорії Максвелла і стверджувала, що коли є нерозривний зв'язок між електричними і магнітними явищами, то повинен бути такий самий зв'язок між

електростатичними і електромагнітними системами одиниць, тобто що електродинамічна стала (відношення електростатичних і електромагнітних одиниць) повинна дорівнювати швидкості світла у вакуумі, вимагала своєї

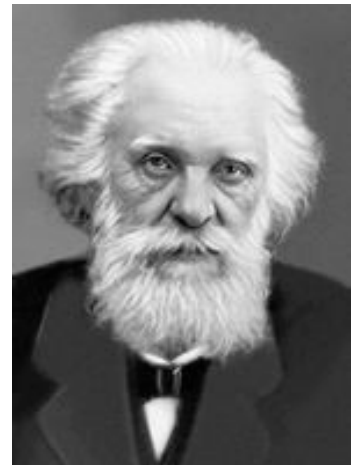


Олександр Столетов

експериментальної перевірки. Важливі попередні дослідні результати по визначенню сталої c в рівняннях Максвелла належать О.Г. Столетову, який розробив досить точний метод визначення відношення цих одиниць і вперше встановив, що воно дорівнює швидкості світла c . Це було чи не одне з перших доведень справедливості теорії Максвелла. За це дослідження в 1881 р. Столетову на Міжнародному конгресі електриків в Парижі був присуджений почесний

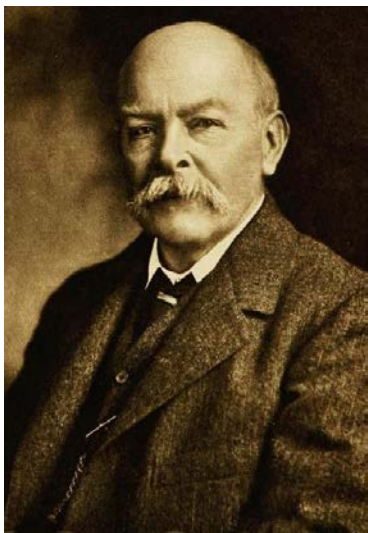
диплом.

Велике значення для розв'язання питання про рух і поширення енергії електричного та магнітного полів, про перенесення цієї енергії від однієї точки середовища до іншої мала докторська дисертація М.О.Умова (1846-1915) під назвою «Рівняння руху енергії в тілах», опублікована в 1873 р. – в рік виходу «Трактату про електрику і магнетизм» Д. Максвелла.



Микола Умов

Вихованець Московського університету, М. О. Умов з 1871 р. працював доцентом, а з 1875 р. - професором Новоросійського (тепер Одеського) університету. У 1893 р. він повернувся в Московський університет, де й очолив після О.Г. Столетова кафедру фізики. Своєю



Джон Генрі Пойнтінг

працею «Рівняння руху енергії в тілах», яка була результатом узагальнення і дальшого розвитку його попередніх робіт, М.О.Умов зробив важливий крок у напрямі поглиблення теорії поля, запровадивши поняття про рух і потік енергії.

Окремий випадок дослідження Умова для електромагнітного поля був розглянутий через десять років англійським фізиком Д. Пойнтінгом (1852-1914) в роботі «Про перенесення енергії в електромагнітному полі» (1884). Д. Пойнтінг вивів вираз для густини потоку енергії, що переноситься електромагнітним полем. Математичний вивід

теореми Умова - Пойнтінга і її застосування до випадку перетворення енергії в провіднику, по якому тече струм, і до випадку електромагнітної хвилі увійшли в підручники з електродинаміки, а вектор Умова - Пойнтінга тепер загальноприйнятий.

4.8. Відкриття і дослідження електромагнітних хвиль

Не тільки сам Максвел, але і його співробітники не сприяли експериментальному обґрунтуванню теорії. Підтвердження гіпотези про

струм зміщення і відкриттю електромагнітних хвиль фізика зобов'язана не англійським вченим. Герц Генріх Рудольф – німецький вчений. Вперше отримав вільні електромагнітні хвилі і вивчав їх властивості, довів тотожність електромагнітних хвиль і світлових променів. Досліди Герца служили рішучими доказами плідності максвелівської теорії електромагнітного поля і були початком бурного розвитку її практичних застосувань.



Генріх Рудольф Герц

У своїй першій роботі Герц одержав швидкі електричні коливання і досліджував дію вібратора на прийомний контур, особливо сильну у випадку резонансу. У роботі «Про дію струму» Герц перейшов до вивчення явищ на більш далекій відстані, працюючи в аудиторії довжиною 14 м і шириною 12 м. Він знайшов, що якщо відстань приймача від вібратора менше 1 м, то характер розподілу електричної сили аналогічний полю диполя і спадає обернено пропорційно кубу відстані. Однак на відстанях, що перевищують 3 м, поле спадає значно повільніше і неоднаково в різних напрямках. У напрямку осі вібратора дія спадає значно швидше, ніж у напрямку, перпендикулярному осі. Цей результат суперечить усім законам теорії далекодії. Герц продовжував дослідження в хвильовій зоні свого вібратора, поле якого він пізніше розрахував теоретично. У ряді наступних робіт Герц незаперечно довів існування електромагнітних хвиль, що поширюються зі скінченою швидкістю. «Результати дослідів, поставлених мною над швидкими електричними коливаннями, - писав Герц у своїй восьмій статті 1888 р., - показали мені, що теорія Максвела має перевагу перед всіма іншими теоріями електродинаміки».

Герц починає теоретичний аналіз випромінювання свого вібратора («осцилятор Герца») на основі теорії Максвела. Стаття «Сили електричних коливань, розглянуті за максвелівською теорією» містить результати такого аналізу. У ній Герц виписує рівняння Максвела у формі, відмінній від максвелівської. Сучасні підручники електродинаміки пишуть фундаментальні рівняння електромагнітної теорії у формі Герца. Герц розв'язує рівняння, увівши допоміжну функцію, що одержала назву «вектор Герца». Отриманий Герцом розв'язок дає поблизу вібратора картину електростатичного поля диполя і магнітного поля елемента струму відповідно до закону Біо-Савара. Але на далеких відстанях виходить хвильове поле, напруженість якого спадає обернено пропорційно відстані, електрична сила і магнітна сила перпендикулярні радіусу-вектору і пропорційні синусу кута, утвореному напрямком радіуса-вектора з віссю диполя. Поле в цій хвильовій зоні в різні моменти часу Герц зобразив за допомогою картини силових ліній. Ці рисунки Герца увійшли в усі підручники електрики. Це поле поширюється в просторі зі швидкістю світла. Максимальне випромінювання відбувається в екваторіальному напрямку перпендикулярно осі диполя. Ці розрахунки Герца лягли в основу теорії випромінювання антен і класичної теорії випромінювання атомів і молекул.

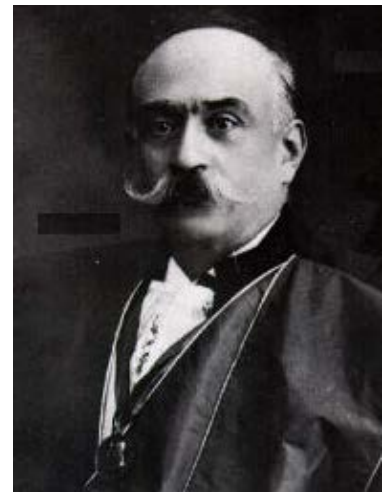
Таким чином, Герц у процесі своїх досліджень остаточно і беззастережно перейшов на точку зору Максвелла, додав зручну форму його рівнянням, доповнив теорію Максвелла теорією електромагнітного випромінювання. Герц одержав експериментально електромагнітні хвилі, передбечені теорією Максвелла, і показав їхню тотожність із хвилями світла. У роботі «Про промені електричної сили», поміщеної в «Протоколах Берлінської Академії наук» 13 грудня 1888 р., Герц описує свої досліди по поширенню, поляризації, відбиванню і заломленню електромагнітних хвиль. Усі ці досліди довели повну аналогію електромагнітних і світлових хвиль. Готуючи в 1891 р. видання зборів своїх статей під загальною назвою «Дослідження про поширення електричної сили», Герц написав вступну статтю, у якій докладно виклав історію і зміст своїх досліджень. Огляд експериментальних робіт він закінчував словами: «Метою цих робіт була перевірка основних гіпотез теорії Фарадея-Максвелла, а результат дослідів є підтвердження основних гіпотез цієї теорії».



Петро Лебедєв

Досліди Герца викликали величезний резонанс. Серед численних повторень дослідів Герца особливе місце займають досліди російського фізика П. М. Лебедєва, опубліковані в 1895 р. у статті «Про подвійне заломлення променів електричної сили». Лебедєв, удосконаливши метод Герца, одержав самі короткі електромагнітні хвилі і провів з ними досліди по подвійному променезаломленню, що Герц не міг відтворити зі своїми відносно довгими хвилями. Таким чином, П. М. Лебедєв вже в епоху зародження радіофізики і радіотехніки поставив задачу мініатюризації приладів для випромінювання і дослідження електромагнітних хвиль і тим самим як би

накреслив сучасний напрямок конструкторської думки в цій області. Прилади Лебедєва були настільки малі, що, за виразом італійського фізика Августо Риги (1850-1920), який у 1894 р. розробив метод одержання коротких хвиль, їх можна було носити в жилетній кишені. Лебедєв своєю роботою висунув також задачу йти по шляху зменшення довжин електромагнітних хвиль до змикання їх з довгими інфрачервоними хвилями. П. М. Лебедєв, з одного боку, зміцнив позиції теорії Максвелла і, з іншого боку, першим виміряв передбачений



Августо Рига

МОДУЛЬ 3. ПЕРІОД СУЧАСНОЇ ФІЗИКИ

Розділ 5. Криза класичної фізики. Становлення сучасної фізики

5.1. Відкриття електрона

На рубежі 19-20 ст. з'явилися експериментальні дані, що засвідчували складну структуру матерії і одночасно привели до перегляду класичних уявлень про природу простору, часу і руху. Їх дослідження свідчило про кризу класичної фізики і необхідність побудови нової фізичної картини світу. До одного з найбільш важливих відкриттів цього періоду відноситься відкриття електрона.



Вільгельм Вебер

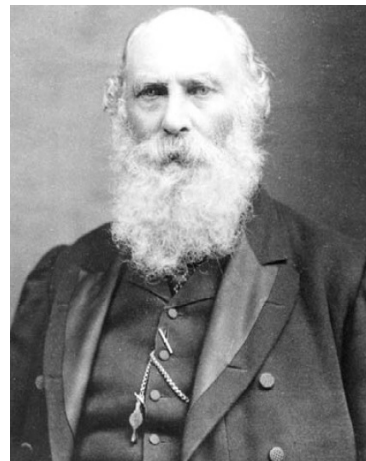
Ідеї про будову електрики висловлювались уже М. Фарадеєм, німецьким фізиком В. Вебером (1804-1891), Д. Максвеллом та ін. У 1874 р. ірландський фізик Д. Стоней (1826-1911) у доповіді «Про фізичні одиниці природи», прочитаній на з'їзді Британської асоціації в Белфасті, вказав на існування атомарного заряду електрики і, виходячи з законів електролізу, вперше розрахував заряд одновалентного іона. Аналогічна ідея була висловлена і Г. Гельмгольцем в його промові, виголошеній 5 квітня 1881 р. у пам'ять Фарадея на урочистому засіданні Лондонського хімічного товариства.

Нарешті, у 1891 р. Д. Стоней не тільки теоретично знайшов числове значення атомарного заряду електрики, а й уперше запропонував називати його «електроном».



Йоганн Гітторф

Велика роль в історії відкриття електрона, як і дальшого розвитку електроніки, належить



Джордж Стоней

дослідженням електричних явищ у розріджених газах, виконаних в останній чверті XIX ст. В 1869 р. німецький фізик І. Гітторф (1824-1914), спостерігаючи електричний розряд у спеціальних трубках з розрідженим газом при тиску нижче 10^{-1} мм рт. ст., виявив катодні промені, які викликали сильну люмінесценцію і зміщувалися під впливом дії магнітного поля. Через кілька років після відкриття катодних променів англійський фізик У. Крукс (1832-1919) прийшов до висновку, що катодні промені – це потік заряджених частинок, які поширюються від катода прямолінійно, утворюючи геометричну тінь від

непрозорих предметів, а також створюють механічний тиск і відхиляються



Уільям Крукс

магнітним полем. Але в 1883 р. німецький фізик Г. Герц, а в 1893 р. його учень Ф. Ленард показали, що катодні промені можуть проходити через тонку алюмінієву фольгу, і зробили висновок, що катодні промені – це не потік корпускул, а електромагнітні хвилі. Питання про природу катодних променів остаточно розв'язав французький фізик Ж. Перрен (1870-1942), який безпосередньо довів, що ці промені являють собою потік



Жан Перрен

негативно заряджених частинок. Ж. Перрен вмістив усередину трубки циліндр, сполучений з електроскопом.

Коли в циліндр попадали катодні промені, електроскоп виявляв негативний заряд. Цим самим була спростована думка про те, що катодні промені мають таку саму природу, як і світлові промені, і вперше відмічено їх електричний заряд. Нарешті, англійський фізик Джозеф-Джон Томсон (1856-1940),



*Джозеф-Джон
Томсон*

досліджуючи проходження електричного струму через розріджені гази, розробив методику дослідження катодних променів за допомогою електричних та магнітних полів і в 1897 р. показав, що відношення електричного заряду до маси – для частинок, що утворюють катодні промені, набагато більше, ніж для іонів водню при електролізі. На основі цього він висловив гіпотезу, що в катодних променях електричні заряди переносяться частинками, розміри і маса яких набагато менші від розмірів атомів водню.

У 1898 р. Дж. Томсон визначив заряд частинок катодних променів, який виявився рівним заряду іона водню при електролізі, а самі частинки дістали назву електронів. Так була відкрита перша елементарна частинка – електрон.

Одним з важливих методів перевірки цього відкриття Дж. Томсон вважав дослідження природи заряду, що знімається з поверхні металу при її освітленні. Це явище – широко відоме тепер під назвою зовнішнього фотоефекту – вперше було виявлено в 1887 р. Г. Герцем при проведенні дослідів з електромагнітними хвилями і частково досліджене в 1888 р. німецьким фізиком В. Гальваксом (1859-1922), який показав, що метали під дією ультрафіолетового проміння втрачають негативний заряд. Всебічні і ґрунтовні дослідження фотоелектричного ефекту виконав у 1888-1890 рр. О.Г. Столетов, які принесли йому світову славу. Результати цих досліджень були



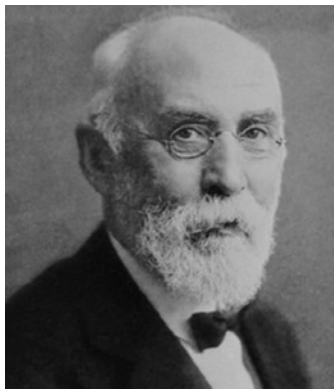
Вільям Гальвакс

опубліковані в статті «Актино-електричні явища в розріджених газах» (1890). О. Г. Столетов вперше довів, що сила фотоелектричного струму пропорційна інтенсивності світла, яке поглинається катодом, установив уніполярність ефекту, неоднакову чутливість установки до різних довжин хвиль, вперше відкрив наявність струму насичення в фотоелементі тощо.

Досліджуючи природу фото ефекту, Дж. Томсон довів, що відокремлювані від катода під дією світла частинки мають той же питомий заряд, що й частинки, які утворюють катодні промені. Цим самим було підтверджено реальне існування електрона, питомий заряд якого, визначений Дж. Томсоном, повністю збігався з питомим зарядом частинок, відповідальних за випромінювання в лоренцівській теорії ефекту Зеемана.

5.2. Створення класичної електронної теорії

Розвиток вчення про електрику не міг зупинитися на теорії Д. Максвелла, тому що в теорії Д. Максвелла не розглядається внутрішній механізм процесів у середовищі, які зумовлюють появу електричних і магнітних полів. Обмеженість теорії Максвелла полягала в тому, що вона не розглянула зв'язку зарядів з речовиною, не змогла пояснити залежність діелектричної і магнітної проникності, питомої електропровідності від частоти коливань поля, густини, температури середовища тощо. Це значною мірою стало причиною того, що в кінці XIX ст. були закладені основи електронної теорії, яка є природним розвитком теорії електромагнітного поля Д. Максвелла, являє собою синтез цієї теорії і вчення про атомно-молекулярну будову речовини.

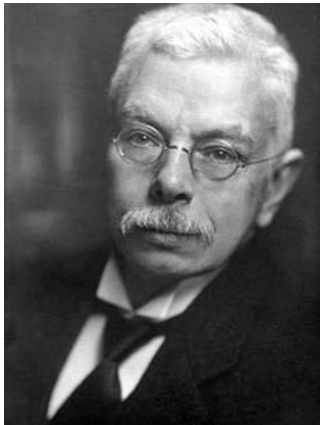


Гендрик Лоренц

Творцем електронної теорії є нідерландський фізик Г. Лоренц (1853-1928), який у 1892 р. опублікував велику роботу «Електромагнітна теорія Максвелла і її застосування до рухомих тіл». В цій праці були накреслені основи електронної теорії. В 1896 р. вийшла його фундаментальна праця «Досвід теорії електричних і оптичних явищ в рухомих тілах», де вже дано послідовне викладення електронної теорії. Згідно з електронною теорією Лоренца, простір, який займає речовина, відрізняється від порожнього простору тим, що в нього вкраплені окремі негативно й позитивно заряджені частинки, рухом яких і створюються електричні та магнітні поля, які мають мікроскопічний характер.

Для опису закономірностей електронної теорії Г. Лоренц у статті «Електронна теорія» (1903) надав дещо зміненої форми рівнянням Максвелла. Ці рівняння, які дістали назву рівнянь Максвелла – Лоренца. З них випливає, що нерухомий електрон створює кулонівське електростатичне поле, а рухомий електрон створює електромагнітне поле, енергія якого, при рівномірному русі електрона, переноситься разом з електроном і випромінювання електромагнітної енергії не відбуваються. Так виникла електронна теорія, в основу якої були покладені закони взаємодії електромагнітного поля і заряджених частинок, що його утворюють.

Об'єднавши атомістичні уявлення про речовину з електромагнітною теорією поля, Г. Лоренц у 1878 р. вивів формулу, що встановила зв'язок між показником заломлення неполярного діелектрика з густиною діелектрика. На основі електронної теорії Лоренц не тільки пояснив ряд важливих електричних і оптичних явищ, а й передбачив нові. Він дав тлумачення діелектричній і магнітній проникності, теоретично обґрунтував виявлений зв'язок між коефіцієнтами електропровідності і теплопровідності провідників, а також пояснив у 1884 р., на основі виведеного ним узагальненого виразу для сили, що діє на рухомий заряд, наявність так званої сили Лоренца і відкритий у 1879 р. ефект Холла.



Пітер Зеєман

Електронна теорія пояснила також відкрите в 1896 р. нідерландським фізиком П. Зеєманом (1865-1943) явище розщеплення спектральних ліній під дією зовнішнього магнітного поля. Г. Лоренц не тільки теоретично обґрунтував експериментальні спостереження Зеємана, а й передбачив ряд нових явищ, наприклад поляризацію компонентів триплету, що виникає в магнітному полі, які експериментально були відкриті значно пізніше. Отже, електронна теорія була значним кроком уперед порівняно з теорією Максвелла і мала цілий ряд важливих успіхів ще до відкриття електрона, існування якого було одним з вихідних положень електронної теорії.

5.3. Виникнення гіпотези квантів

У розвитку термодинамічної науки другої половини XIX ст. особливе місце займає термодинаміка променистої енергії – термодинаміка теплового випромінювання, яка являє собою галузь оптики, що розглядає світлові явища з термодинамічного боку. Ця галузь науки стала одним з найактуальніших і провідних напрямів усієї тогочасної фізики. І цілком природно, що її теоретичною розробкою зайнялися видатні фізики різних країн.



Роберт Бунзен

Систематичне вивчення питання про теплову радіацію розпочалося після досліджень німецьких учених – фізика Г. Кірхгофа і хіміка Р. Бунзена (1811-1899), які своїми працями заклали в 1859 р. основи спектрального аналізу, який швидко утвердився в фізиці та хімії і ліг в основу нової науки – астрофізики.

У тому ж 1859 р. Г. Кірхгоф, застосувавши друге начало термодинаміки до проблеми променистої енергії, відкрив один з основних законів теплового випромінювання: відношення випромінювальної і поглинальної здатності будь-якого тіла є величиною однаковою для всіх тіл і дорівнює випромінювальній здатності абсолютно чорного тіла – універсальній

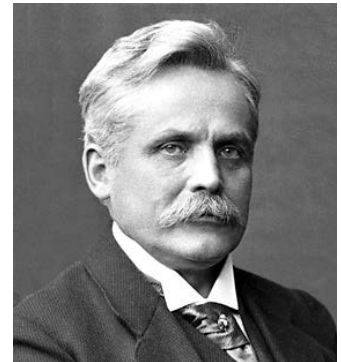
функції температури і довжини хвилі. Перед наукою постало досить важливе і складне завдання – визначити вид цієї функції.



Йозеф Стефан

1879 рік знаменує собою появу експериментально відкритого австрійським фізиком Й. Стефаном (1835-1893) закону про пропорційність сумарної енергії абсолютно чорного тіла четвертому степеню абсолютної температури. У 1884 р. Л. Больцман на основі другого начала термодинаміки вивів цей закон теоретично. Закон Стефана-Больцмана, будучи інтегральним законом, ще не дав розв'язку задачі про вид функції Кірхгофа, оскільки остання вимагає встановлення закону про розподіл енергії випромінювання чорного тіла і за довжинами хвиль.

Наступний період у процесі вивчення цієї функції було встановлено цілий ряд термодинамічних закономірностей, що належать до теплового випромінювання. В. Він (1864-1927) в праці 1893 р. «Деякий новий зв'язок випромінювання чорних тіл з другим принципом термодинаміки», знайшов функцію розподілу енергії, причому максимум функції з підвищенням температури зміщується в сторону коротких хвиль згідно з «законом зміщення Віна».



Вільгельм Він

З формули Віна закон Стефана-Больцмана і закон зміщення Віна впливали як безпосередні наслідки. Проте хоч розглядувана формула Віна і визначила загальний характер функції спектрального розподілу енергії випромінювання, але остаточний вираз цієї функції не можна було знайти без прямого розгляду внутрішньої будови речовини, тобто залишаючись в межах феноменологічної термодинаміки. Більше того, класична статистика виявилась також недостатньою для остаточного вирішення проблеми випромінювання. Саме на цій проблемі виявилась вся обмеженість класичної фізики взагалі, що і привело до виникнення нових теорій.



Стретт Релей

У 1896 р. В. Він знайшов другу формулу для визначення виду функції випромінювання абсолютно чорного тіла. При її виведенні В.Він використав гіпотезу, що розподіл енергії за частотами (хвилями) аналогічний максвеллівському розподілу молекул за швидкостями. Одержана В. Віном за допомогою класичної статистики друга формула, якою і тепер широко користуються в тих випадках, коли треба знаходити розподіл енергії при високих частотах і невеликих температурах, не підтвердилась експериментально для високих температур і великих довжин хвиль.

Іншу формула розподілу енергії при абсолютно чорному випромінюванні привів у липні 1900 р. англійський фізик С. Релеєм (1842-1919) у статті «Зауваження про закон чорного випромінювання». Вона

була отримана ним на основі класичної електродинаміки і бездоганної, з точки зору класичної статистики, аргументації і незалежно від нього в 1905 р. узагальнена англійським фізиком Д. Джинсом (1877-1946). Ця формула виявилася правильною лише в граничному випадку малих частот. Для великих частот вона приводила до так званої «ультрафіолетової катастрофи», тобто давала безмежну енергію випромінювання.



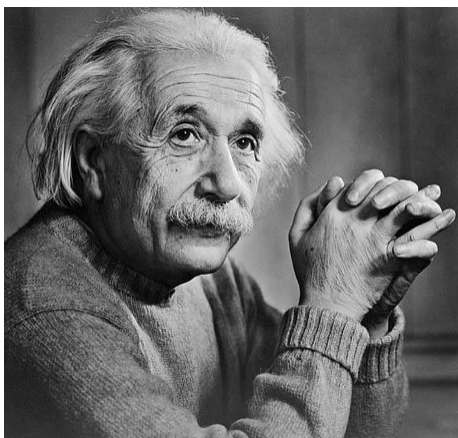
Джеймс Джинс

Але важливе принципове значення формул Віна і Релея-Джинса полягало в тому, що вони вперше довели недостатність уявлень класичної фізики, які до цього вважалися безпомилковими, показали їх повну неспроможність для розв'язання таких проблем, як випромінювання абсолютно чорного тіла тощо. Численні спроби знайти на основі класичних уявлень закон розподілу енергії за спектром випромінювання абсолютно чорного тіла не принесли задовільних результатів; вони приводили лише до окремих формул, які застосовувалися і були правильні лише для ділянок

спектра, а не для всього спектра.

І тільки висунута в 1900 р. німецьким фізиком М. Планком (1858-1947) принципово нова ідея квантового (перервного) характеру поглинання і випромінювання світлової енергії дала йому можливість вперше знайти точний закон розподілу енергії по спектру абсолютно чорного тіла.

М. Планк, теоретично досліджуючи протягом 1896-1900 рр. проблему випромінювання абсолютно чорного тіла, знайшов спочатку чисто емпірично, інтерполюючи формули Віна і Релея-Джинса, свою відому формулу, яка і повністю відповідала даним експерименту по всьому спектру. Планк не обмежився лише емпіричним запровадженням формули і в кінці 1900 р. у доповіді Берлінському фізичному товаристві довів, що його формула може бути виведена теоретично, якщо допустити, що величина енергії осцилятора завжди є цілою кратною величині $h\nu$, де ν – частота випромінювання, а h – нова фізична стала, названа пізніше сталою Планка. Виведена М. Планком формула для порції енергії $E = h\nu$ була першим теоретичним відкриттям квантів світла.



Альберт Ейнштейн

Наступним кроком у цьому напрямі були роботи А. Ейнштейна (1879-1955), який у 1905 р., продовжуючи дослідження М. Планка, створив фотонну теорію світла і вперше показав, що світлове поле являє собою сукупність елементарних світлових полів, фотонів чи квантів світла, що їх тіла незалежно випромінюють і незалежно поглинають. А. Ейнштейн запровадив уявлення про дискретну квантову структуру поля випромінювання і на цій основі відразу дав пояснення цілому ряду фізичних явищ, зокрема явищам фотоефекту, люмінесценції тощо.

Зауважимо, що в 1905 р. А. Ейнштейн в статті «Про одну евристичну точку зору, що стосується виникнення і перетворення світла» і в 1906 р. в роботі «До теорії виникнення і поглинання світла» не тільки вперше звернув увагу на ідею про квант, але розвинув її далі, сформулювавши основи квантової теорії. Разом з цим він застосував ідеї про кванти для пояснення явищ фотоефекту і показав, що всі закони фотоефекту, встановлені О. Г. Столетовим й іншими природодослідниками, безпосередньо пояснюються, якщо припустити, що світло поглинається такими самими порціями $E = h\nu$, якими відповідно до теорії М. Планка і випромінюється. А. Ейнштейн вивів тоді ж рівняння фотоефекту, згідно з яким енергія фотона, що поглинається, при викиданні з металу одного електрона іде на роботу виходу електрона і на надання йому кінетичної енергії. Здійснена згодом експериментальна перевірка рівняння Ейнштейна, в результаті якої було визначено значення сталої Планка h , яке збіглося з іншим визначенням цієї сталої, здійсненим самим М. Планком, блискуче підтвердило справедливості квантової теорії.

5.4. Виникнення атомної і ядерної фізики

Передісторія сучасної атомної фізики починається з геніального відкриття Д.І. Менделєєвим (1834-1907) у 1869 р. періодичного закону. У своєму підручнику «Основи хімії» Менделєєв не тільки сформулював важливий закон науки – періодичність властивостей хімічних елементів – і на його основі створив систему елементів, але і вперше вказав на можливість перетворення елементів і з великою точністю передбачив існування не відкритих ще елементів і описав їх властивості. В 1875 р. був відкритий галій, що зайняв в таблиці місце, передбачене Д.І. Менделєєвим (№31), в 1879 р. був відкритий елемент скандій (№21) і в 1886 р. германій (№ 32). Наступний розвиток науки повністю підтвердив думки Д.І.Менделєєва.



Вільгельм Рентген

Новий період у розвитку питання про будову речовини почався з відкриття німецьким фізиком В. Рентгеном (1845-1923) так званих X-променів (цією назвою Рентген відмічав загадковість фізичної природи цих променів). Працюючи в грудні 1895 р. з розрядною трубкою, біля якої містився флуоресціюючий екран, вкритий платино-синеродистим барієм, він спостерігав свічення цього екрана. Закривши трубку чорним чохлам, збираючись закінчити дослід, Рентген виявив знову-таки свічення екрана при розряді. Рентген зробив припущення, що флуоресценція викликається якимись променями (він назвав їх X-променями), що проходять через непроникний для звичайного світлового видимого й невидимого променів чорний картон чохла трубки. Тому він насамперед дослідив поглинальну здатність різних речовин щодо X-променів. Він знайшов, що всі тіла, проникні для цього агента, але в різній мірі.

В 1895-1898 рр. В. Рентген опублікував три повідомлення під назвою «Про новий вид променів», в яких дав вичерпний опис їх властивостей, зокрема показав, що рентгенівські промені викликають фотографічну дію,



Чарльз Баркла

іонізують повітря; відкрив закони поглинання цих променів і зв'язок поглинання з густиною, дав оцінку жорсткості – проникної здатності залежно від поглинання і т. д. В 1906 р. англійський фізик Ч. Баркла (1877-1944), досліджуючи спектри рентгенівських променів, виявив характеристичні серії цих променів, а в 1912 р. німецький фізик М. Лауе (1875-1959) вперше висловив припущення про наявність у рентгенівських променів хвильових властивостей і висловив думку про можливість їх інтерференції і дифракції в просторовій решітці кристала.

Досліди, здійснені в тому ж році німецьким фізиком В.Фрідріхом і П. Кніппінгом (1883-1935), блискуче підтвердили це передбачення М. Лауе, чим і була доведена хвильова природа рентгенівських променів.



Макс Лауе



Пауль Кіппінг

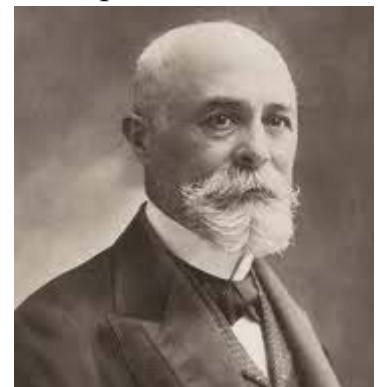
Відкриття В. Рентгена спонукало

фізиків зайнятися пошуками нових видів випромінювання. Саме шукаючи такі нові види випромінювання в

люмінесціюючих тілах, французький фізик А. Беккерель (1852-1908) відкрив у 1896 р. явище радіоактивності.

Він експериментально встановив, що солі урану діють на фотоплівку навіть в тому випадку, коли вони попередньо

не опромінювалися світлом. А це означало, що випромінювання викликається не люмінесценцією, а що його джерелом є сам уран. Пізніше, за пропозицією Марії Склодовської-Кюрі (1867-1934), цю властивість атомів урану й інших речовин випускати випромінювання було названо радіоактивністю.



Антуан Беккерель



**Марія
Склодовська-
Кюрі**

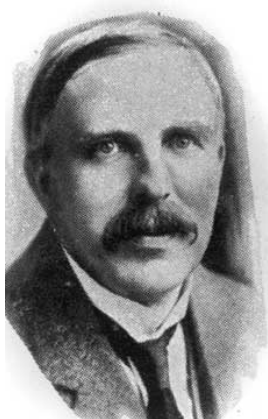
Перші дослідження явища радіоактивності урану, виконані А.Беккерелем, показали, що інтенсивність його випромінювання зростає із збільшенням концентрації урану, не залежить від тиску і температури, не змінюється від дії електричних і магнітних полів і не залежить від виду хімічної сполуки, в яку входить уран.



П'єр Кюрі

Відкриття радіоактивності поставило питання: чи тільки уран має таку властивість, чи немає інших радіоактивних елементів? Першу відповідь на це питання дали дослідження М. Склодовської-Кюрі і П. Кюрі (1859-1906).

Уже в липневому випуску доповідей Паризької Академії наук 1898 р. – через шість місяців після початку досліджень явища радіоактивності – з'явилась стаття «Про нову радіоактивну речовину», в якій подружжя Кюрі повідомило про відкриття нового елемента – полонію, радіоактивність якого була більшою від радіоактивності урану приблизно в 400 раз, а в грудні 1898 р. в статті «Про нову сильну радіоактивну речовину, яка є в урановій смолянній руді» – про відкриття третього радіоактивного елемента – радію, активність якого була незмірно більшою від активності урану та полонію.



**Ернест
Резерфорд**

Явище радіоактивності привернуло до себе увагу дослідників багатьох країн. І одним з перших питань було те, що являють собою радіоактивні промені, яка їх природа. Першу відповідь на це питання дав англійський фізик Е. Резерфорд (1871-1937), який в 1899 р. встановив, що радіоактивне випромінювання неоднорідне і складається з двох компонентів з різною проникною здатністю. Промені з малою проникною здатністю були названі Е. Резерфордом α -променями, а промені з більшою проникною здатністю β -променями.

У 1900 р. П. Віллард виявив третій компонент радіоактивного випромінювання, який він спочатку назвав x -променями радію, подібно до рентгенівських променів, а пізніше вони дістали назву γ -промені. Промені γ відзначаються великою проникною здатністю. Експериментально було підтверджено, що знайдені γ -промені не відхиляються в магнітному полі, а отже, не мають заряду, хоч і мають великий запас енергії.



Поль Віллард

У тому ж 1900 р. Е. Резерфорд встановив, що α -промені позитивно заряджені, відхиляються в магнітному полі, а в 1902 р. після обчислення заряду α -частинки і дослідження відхилення їх в електричному полі Е. Резерфорд прийшов до думки, що α -частинки є двічі іонізовані атоми гелію. Одночасно було встановлено сильне відхилення в магнітному полі β -частинок, що свідчило про їх незначну масу порівняно з α -частинками. А оскільки відношення заряду до маси для β -частинок виявилось таким же, як і для електронів, то цим було встановлено, що β -випромінювання є не що інше, як електрони, що вилітають з радіоактивного елемента при радіоактивному розпаді.



Фредерик Содді

Після відкриття радіоактивного випромінювання, Е. Резерфорд разом з своїм співробітником англійським фізиком Ф. Содді (1877-1956) в роботах «Причина і природа радіоактивності» (1902), «Порівняльне вивчення радіоактивності радію і торію» (1903), «Радіоактивне перетворення» (1903) та інших запропонували теорію радіоактивного розпаду, згідно з якою радіоактивність є наслідком самовільного перетворення елементів, що

супроводжується випромінюванням, енергія якого береться з самого атома. Ними ж був знайдений закон спонтанного радіоактивного розпаду.

У 1913 р. Ф. Содді одночасно з польським фізиком К. Фаянсом сформулювали закони зміщення при α - і β -розпаді і тим самим передбачили місце в періодичній системі елементів Д.І. Менделєєва для нових елементів, які утворюються при цьому.

Важливі відкриття В. Рентгена і А. Беккереля, фундаментальні дослідження явища радіоактивності, виконані подружжям М. Склодовською-Кюрі і П. Кюрі, сформульована Е. Резерфордом і Ф. Содді теорія радіоактивного розпаду, поряд з іншими відкриттями у фізиці кінця XIX – початку XX ст. зробили революційний переворот в уявленнях про атом. Атом став розглядатись як досить складне утворення, здатне до змін і перетворень. І перед фізикою постало нове важливе завдання – з'ясувати внутрішню структуру атома.

На початку XX ст. було запропоновано кілька різних схем внутрішньої структури атома, серед яких слід назвати модель Уільяма Томсона (лорда Кельвіна), який у 1902 р. в статті «Епінус атомізований», згадуючи про теорію петербурзького академіка Ф. Епіноса, висловив гіпотезу, що атом має вигляд сфери, рівномірно заповненої позитивною електрикою; всередині цієї сфери міститься така ж кількість електронів, еквівалентна позитивному заряду кулі, і тому атом є електрично-нейтральним. Цю модель у 1904-1907 рр. далі розвинув Д. Томсон, припустивши, що всередині кулі обертаються електрони, число і конфігурація яких залежить від природи атома. В своїй праці «Корпускулярна теорія речовини» (1907) Д. Томсон не тільки пояснив умови рівноваги електронів всередині позитивно зарядженої кулі і випромінювання ними променевої енергії, а й дав у першому наближенні деякі пояснення періодичним закономірностям, тобто здійснив реальну спробу знайти фізичне пояснення хімічним властивостям атомів і періодичного закону Д.І. Менделєєва. Разом з тим модель Д. Томсона



Йоганн Бальмер

виявилась цілком безпорадною при поясненні закономірностей в спектрах елементів. Вона не могла пояснити найпростішу з них – формулу Бальмера для водню. Як відомо, в 1885 р. швейцарський учений І. Бальмер (1825-1898) емпірично одержав формулу, що встановлювала певний зв'язок ліній в лінійчастому спектрі водню. Пізніше було показано, що подібні серії ліній існують у спектрах інших елементів. Шведський фізик І. Рідберг (1854-1919) в своїх дослідженнях показав, що розташування ліній в спектрах підлягають закономірностям, які можна зобразити у вигляді формул, аналогічних формулі Бальмера для водню, І. Рідберг запропонував більш загальну формулу.



Йоганн Рідберг

Поряд з неспроможністю пояснити закономірності в атомних спектрах модель Д. Томсона не змогла дати задовільного тлумачення і результатам дослідів по опроміненню тонких пластинок золота

α -частинками. Експерименти, пов'язані з проходженням α -частинок через речовину, Е. Резерфорд розпочав у 1907 р. і успішно їх продовжив разом з своїми співробітниками Г. Гейгером (1882-1945) і Е. Марсденом в наступні роки. Користуючись сцинтиляційними і газорозрядними лічильниками, Е. Резерфорд встановив закони розсіювання α -частинок атомами золота і, зокрема, дав пояснення відхиленню незначної кількості α -частинок від свого початкового напрямку руху при проходженні через пластинки золота. Ці відхилення були результатом зіткнень α -частинок з масивним тілом, що міститься всередині атома, діаметр якого становить одну десятитисячну частину діаметра атома. Так, в 1909 р. Е. Резерфорд відкрив існування ядра атома, а в 1911 р. запропонував планетарну модель атома, згідно з якою ядро являє собою маленьку, але масивну частинку, розташовану в центрі атома, а навколо нього по орбітах обертаються легкі електрони.



Нільс Бор

Ядерну модель атома Е. Резерфорда доповнив у 1913 р. датський фізик Н. Бор (1885-1962), який на основі ідей М. Планка про кванти енергії встановив відомі постулати, що визначили основні властивості електронної оболонки атома і лягли в основу квантової теорії будови атома. Теорія Бора вперше дала вичерпне пояснення дискретності енергетичного спектра атомів, встановила їх розміри, пояснила комбінаційний принцип в спектроскопії, дала завершену кількісну теорію спектральних серій водню і пояснила періодичну систему елементів

Д.І. Менделєєва.

Поряд з цим виконані в 1913 р. учнем Е. Резерфорда англійським фізиком Г. Мозлі (1887-1915) вимірювання довжин хвиль характеристичних рентгенівських променів привели його до відкриття закону, який встановив зв'язок частоти в спектрі рентгенівського випромінювання з порядковим номером елемента, що випускає це випромінювання. Цим самим було показано, що періодичний закон Д.І. Менделєєва є основним законом фізики речовини, фізики атома.



Генрі Мозлі

5.5. Створення теорії відносності

Г. Лоренц в ході створення електронної теорії речовини сформулював основи електродинаміки рухомих середовищ і довів, що закони електромагнетизму однакові у всіх рівномірно рухомих системах відліку. Знайдені ним у 1904 р. найбільш загальні перетворення просторових координат і часу – так звані перетворення Лоренца – відіграли важливу роль у підготовці теорії відносності.

Теорію відносності сформулював у 1905 р. А. Ейнштейн в праці «До

електродинаміки рухомих тіл». Ця теорія прийшла на зміну класичним поглядам на простір і час, які вступили в явне протиріччя з фактами, коли розвиток фізики привів до вивчення рухів, в яких швидкістю тіл уже не можна було нехтувати порівняно з швидкістю світла. Поява прямих



*Альберт
Майкедсьон*

експериментальних фактів, які суперечили законам класичної фізики, зокрема таких дослідів, як досліди американських фізиків А. Майкельсона (1852-1931) і Е. Морлі (1838-1923), спонукало Ейнштейна здійснити повний перегляд просторово-часових уявлень і пояснити ці факти, виходячи з загальних властивостей простору і часу. А. Ейнштейн сформулював два основні постулати – принципи, які є вихідними положеннями теорії



Едвард Морлі

відносності. Відповідно до принципу відносності, всі фізичні процеси в інерціальній системі не залежать від швидкості її руху відносно інших тіл чи систем. Згідно з другим принципом, швидкість світла в вакуумі є постійна і не залежить від швидкості руху джерела світла. Ці постулати становлять основу спеціальної теорії відносності, в якій А. Ейнштейн дав формулювання нових законів руху, які узагальнили закони руху І. Ньютона і зводились до цих законів лише в випадку настільки малих швидкостей тіл v , що відношенням v/c можна було знехтувати. В згаданій праці була висвітлена і теорія оптичних явищ в рухомих тілах. Вивчення цих явищ мало важливе значення для досягнення необхідної експериментальної точності при вивченні ефектів порядку $(v/c)^2$. В тому ж 1905 р. в доповненні «До електродинаміки рухомих тіл», яке називалося «Чи залежить інерція тіла від вмісту в ньому енергії», А. Ейнштейн виразив співвідношення між масою і енергією знаменитим рівнянням $E = mc^2$, де m – маса; c – швидкість світла. У 1906 р. Ейнштейн виступив з статтею «Закон збереження руху центра ваги та інерції енергії», в якій обґрунтував співвідношення між масою і енергією. Ця формула зберігає своє значення і при будь-яких швидкостях, якщо тільки під m розуміти інертну масу тіла, що залежить від швидкості відповідно до закону $m = m_0 / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$, де v – швидкість тіла; m_0 – маса спокою. Масі спокою відповідає енергія спокою $E_0 = m_0 c^2$. Наявність енергії спокою дала змогу розглядати всяке тіло як потенціальний резервуар енергії, а із закону пропорційності маси і енергії впливала можливість переходу енергії, зв'язаної з речовиною, в енергію, зв'язану з випромінюванням. Це і лягло в основу всієї ядерної фізики.

Підкреслимо, що першим фізиком, який вказав на значення закону зв'язку маси і енергії для пояснення відхилення мас атомів від цілочислових значень, був французький фізик П. Ланжевєн (1872-1946). В доповіді «Інертність енергії і наслідки, що з неї випливають», виголошеній у 1913 р., він розкрив фізичне значення співвідношення маси та енергії і вперше

висловив ідеї, які становлять суть сучасної ядерної енергетики – ідеї про дефект маси при ядерних перетвореннях.



Поль Ланжевєн

Як і П. Ланжевєн, розвитку ідей теорії відносності присвятив свою наукову діяльність Г. Мінковський (1864-1909), який в двох доповідях «Принцип відносності» (1907), «Простір і час» (1908) і в статті «Основні рівняння для електродинамічних процесів в рухомих тілах» сформулював математичну теорію фізичних



*Герман
Мінковський*

процесів в чотиривимірному просторі, в якій перетворення Ейнштейна дістали наочну геометричну інтерпретацію. Ця теорія Мінковського відіграла важливу роль в завершенні побудови спеціальної теорії відносності.

До 1916 р. А. Ейнштейн створив і загальну теорію відносності, яка базується на поєднанні принципу еквівалентності та принципу відносності і є релятивістською теорією тяжіння. Ейнштейн показав, що при наявності тіл, які утворюють тяжіння, метрика, тобто кількісні міри простору і часу, інша, ніж у відсутності цих тіл. Слід



*Микола
Лобачевський*

зауважити, що ще М. І. Лобачевський (1792-1856) в своїх мемуарах «Про начала геометрії» (1826-1830) висловив твердження, що метрика реального простору може мати подібні відхилення, і намагався їх визначити. В загальній теорії відносності А. Ейнштейна знайдена фізична причина цього відхилення, даний його математичний вираз і, зокрема, показано, що подібні відхилення у метриці реального простору не можна розглядати у відриві від відповідних змін часу. А це означає, що теорія простору, часу і тяжіння А. Ейнштейна показує їх нерозривний взаємозв'язок.

Отже, розвиток природничих наук і передусім фізики на межі XIX і XX століть поставив ряд складних проблем, викликаних корінними перетвореннями самих основ класичної фізики. В цей період були відкриті розглянуті нами вище рентгенівські промені і електромагнітна теорія світла, явища фотоефекту і радіоактивність, електронна структура матерії і перша елементарна частинка - електрон, із змінною електромагнітною масою, відкриті кванти, сформульована теорія відносності, яка встановила нові, точніші просторово-часові співвідношення тощо.

Нові відкриття, які розкрили і поглибили уявлення про будову матерії, форми її руху і т. д., не тільки не вміщалися в рамки класичної фізики, в рамки сформованої на той час електромагнітної картини світу, але в той же час показали всю вузькість і обмеженість старої фізики, її метафізичність, її механістичний підхід до пояснення основних законів природознавства.

Розділ 6. Період сучасної фізики

6.1. Створення квантової механіки.

Процес перетворення фізики завершився в др. пол. 20-х рр. минулого століття створенням нової наукової системи, що різко суперечить звичайним формам опису фізичних явищ. Цією системою стала квантова механіка, становлення якої припадає на 1925-1930 рр. Її створенню передували ряд теоретичних і експериментальних робіт, про які мова йшла у попередньому розділі. Це квантова теорія Планка рівноважного теплового випромінювання (1900), квантово-корпускулярна теорія світла Ейнштейна (1905) і нарешті перша теорія атома водню, створена Нільсом Бором у 1913 р. Теорію Бора розвинув згодом Зоммерфельд, ввівши ідею просторового квантування і отримавши правила квантування, які носять назву правил Бора-Зоммерфельда. Проте, незважаючи на значні успіхи, теорія Бора мала певні труднощі, на які звертав увагу Резерфорд, зокрема, як розуміти поєднання квантових ідей Бора з класичною механікою, в якій немає місця для квантових стрибків і звідки електрон знає, на яку орбіту йому слід перескакувати.



*Артур
Комптон*

Від робіт Планка, Ейнштейна і Бора простягнулись два шляхи розвитку, які завершилися до 1927 року формулюванням квантової механіки. Перший шлях пов'язаний з відкриттям у світла корпускулярних властивостей, наявність яких була підтверджена у 1922 році американським фізиком А. Комптоном. Комптон показав експериментально, що розсіювання світла вільними електронами відбувається по законам пружного зіткнення двох частинок – електрона і фотона. Кінематика такого зіткнення визначається законами збереження енергії і імпульсу, причому фотону слід приписати енергію $h\nu$ і імпульс $p = h\nu/c$. Таким чином, було експериментально доказано, що разом з відомими хвильовими властивостями (дифракцією, інтерференцією) світло володіє і корпускулярними властивостями: воно ніби складається з частинок – фотонів. В цьому проявляється дуалізм світла, його корпускулярно-хвильова природа. Виникло формальне логічне протиріччя: для пояснення одних явищ потрібно вважати світло хвилею, а для інших – потоком частинок. По суті, розв'язання цього протиріччя і привело до створення квантової механіки.



Луї де Бройль

У 1924 р. французький фізик Луї де Бройль, намагаючись знайти пояснення постульованим у 1913 р. Бором умовам квантування атомних орбіт, висунув гіпотезу про загальність корпускулярно-хвильового дуалізму. Згідно де Бройлю, кожній частинці, незалежно від її природи, слід поставити у відповідність хвилю, довжина якої зв'язана з імпульсом співвідношенням $\lambda = h/p$. По цій гіпотезі не тільки фотони, але й «звичайні частинки» (електрони, протони та ін.) мають хвильові властивості, які повинні проявлятися у



Клінтон Девіссон

дифракції частинок. І дійсно, у 1927 р. американські фізики К. Девіссон і Л. Джермер вперше спостерігали дифракцію електронів. Пізніше хвильові властивості були виявлені і у інших частинок і справедливість формули де Бройля була підтверджена експериментально. У 1926 р. австрійський фізик Шредінгер на основі гіпотези де Бройля запропонував рівняння, яке описувало поведінку таких хвиль у зовнішніх силових полях. Він же ввів поняття



Лестер Джермер

хвильової функції. Так виникла хвильова механіка.



Ервін Шредінгер

(Шредінгер вважав хвилі реальними). Хвильове рівняння Шредінгера є основним рівнянням нерелятивістської квантової механіки. У 1928 р. англійський фізик П. Дірак сформулював релятивістське рівняння, яке описує рух електрона у зовнішньому силовому полі. Рівняння Дірака стало одним з основних рівнянь релятивістської квантової механіки.



Поль Дірак

Друга лінія розвитку (яка також є узагальненням гіпотези Планка) починається з роботи Ейнштейна (1907), присвяченої теорії теплоємності твердих тіл. Електромагнітне випромінювання, що представляє собою набір електромагнітних хвиль різних частот, динамічно еквівалентне деякому набору осциляторів. Випромінювання або поглинання хвиль еквівалентне збудженню або затуханню відповідних осциляторів. Той факт, що випромінювання і поглинання електромагнітних хвиль



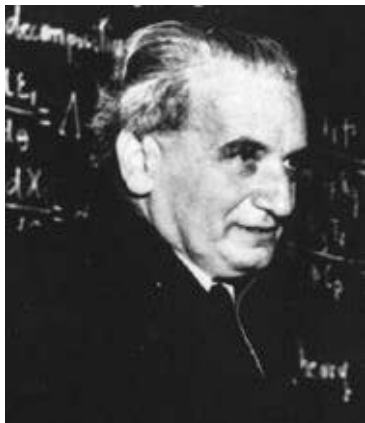
Пітер Дебай

речовиною відбуваються квантами з енергією $h\nu$, можна виразити так: осцилятор поля не може мати довільну енергію, він може мати тільки певні значення енергії – дискретні рівні енергії, відстань між якими дорівнює $h\nu$. Ейнштейн узагальнив ідею квантування енергії осцилятора електромагнітного поля на осцилятор довільної природи. Оскільки тепловий рух твердих тіл зводиться до коливань атомів, то й тверде тіло динамічно еквівалентно набору



Макс Борн

осциляторів. Енергія таких осциляторів теж квантована, тобто різниця сусідніх рівнів енергії повинна дорівнювати $h\nu$, де ν – частота коливань атомів. Теорія Ейнштейна, уточнена П. Дебаєм, М. Борном і Т. Карманом (Німеччина), зіграла видатну роль у розвитку теорії твердих тіл.



Теодор Карман

Далі, як уже відомо, у 1913 р. Бор застосував ідею квантування енергії до теорії будови атома, планетарна модель якого впливала з результатів дослідів англійського фізика Е. Резерфорда (1911). Бор одержав правильну формулу для частот спектральних ліній атома водню (і воднеподібних атомів), що охоплює сукупність відкритих раніше емпіричних формул Бальмера, Рідберга. Існування рівнів енергії в атомах було безпосередньо підтверджене дослідями Франка-Герца у 1913-1914 роках.

Успіх теорії Бора, як і попередні успіхи квантової теорії, був досягнутий за рахунок порушення логічної цілісності теорії: з одного боку, використовувалася механіка Ньютона, з іншого боку – залучались далекі їй штучні правила квантування, до того ж суперечні класичній електродинаміці. Крім того, теорія Бора виявилася не в змозі пояснити рух електронів у складних атомах (навіть в атомі гелію), виникнення зв'язку між атомами, що приводить до утворення молекули, і ін. «Напівкласична» теорія Бора не могла також відповістити на запитання, як рухається електрон при переході з одного рівня енергії на інший. Подальша розробка питань теорії атома привела до переконання, що рух електронів в атомі не можна описувати в термінах (поняттях) класичної механіки (як рух по певній траєкторії, або орбіті), що питання про рух електрона між рівнями несумісний з характером законів, що визначають поведінку електронів в атомі, і що необхідна нова теорія, в яку входили б тільки величини, що



Вернер Гейзенберг

відносяться до початкових і кінцевих стаціонарних станів атома. У 1925 німецький фізик В. Гейзенберг побудував таку формальну схему, у якій замість координат і швидкостей електрона фігурували деякі абстрактні алгебраїчні величини – матриці; зв'язок матриць зі спостережуваними величинами (рівнями енергії та інтенсивностями квантових переходів) давався простими несуперечливими правилами. Робота Гейзенберга була розвинута М. Борном і П. Йорданом (Німеччина). Так виникла матрична механіка.

Незабаром після появи рівняння Шредінгера була показана математична еквівалентність хвильової (заснованої на рівнянні Шредінгера) і матричної механіки. В 1926 Борн дав імовірнісну інтерпретацію хвиль де Бройля, згідно з якою квадрат модуля хвильової функції визначав густину ймовірності перебування частинки у даному місці простору.

Велику роль у створенні квантової механіки зіграли роботи Дірака, що відносяться до цього ж часу. Остаточне формування квантової механіки як послідовної теорії з ясними фізичними основами й струнким математичним апаратом відбулося після роботи Гейзенберга (1927), у якій було сформульовано співвідношення невизначеностей – співвідношення, що висвітлює фізичний зміст рівнянь квантової механіки, її зв'язок із класичною

механікою і інші як принципові питання, так і якісні результати квантової механіки. Ця робота була продовжена й узагальнена в працях Бора і Гейзенберга.



Отто Штерн

Детальний аналіз спектрів атомів привів до уявлення про те, що електрону, крім заряду й маси, повинна бути приписана ще одна внутрішня характеристика – спін. Штерн і Герлах в 1921 р. пропустили молекулярний пучок водню через неоднорідне магнітне поле і по розщепленню пучка не лише довели наявність у атома водню магнітного моменту, але й виміряли його. Цей магнітний момент вчені вимушені були



Вальтер Герлах

приписати електрону і пов'язати його з обертанням електрона навколо



Джордж Уленбек

власної вісі. Існування у електрона власного механічного і магнітного моментів вперше було передбачено американськими фізиками Дж. Ю. Уленбеком і С. Гаудсмітом, які працювали літом 1925р. у Лейдені. Суттєво розвинув уявлення про спін швейцарський фізик В. Паулі. Важливу роль зіграв відкритий Паулі (1925) так званий принцип заборони (принцип Паулі), що має



Семюель Гаудсміт

фундаментальне значення в теорії атома, молекули, ядра, твердого тіла. Паулі показав, що квантовий стан електрона



Вольфганг Паулі

характеризується 4-ма квантовими числами і в цьому стані може бути лише один електрон. Відмітимо, що спін електрона автоматично впливає з релятивістських рівнянь Дірака. Теорія Дірака об'єднала теорію відносності, кванти і спін, а також передбачила існування електрона з позитивним зарядом – позитрона.



Шатьєндранат Бозе

2 липня 1927 р. індійський фізик Шатьєндранат Бозе в німецькому журналі надрукував статтю «Закон Планка і гіпотеза світлових квантів». Бозе визначає найбільш ймовірний стан і виводить формулу Планка. В 1924 - 1925 рр. Ейнштейн опублікував ряд статей по квантовій теорії ідеального одноатомного газу, де розвинув теорію Бозе. Через значний вклад Ейнштейна цю статистику називають статистикою Бозе-Ейнштейна. Друга квантова статистика – Фермі-

Дірака – виникла після того, як був сформульований у 1925 р. принцип Паулі. Він разом з відкриттям спіну став основою нової квантової статистики для частинок, які мають напівцілий спин, яку у 1926 р. сформулювали Фермі і Дірак.



Георгій Гамов

Перший великий успіх квантовій механіці прийшов у 1928 р., коли радянський фізик Гамов дав пояснення α -радіоактивності як тунельного ефекту. Протягом короткого часу квантова механіка була з успіхом застосована до широкого кола явищ. Були створені теорії атомних спектрів, будови молекул, хімічного зв'язку, періодичної системи елементів, металевої провідності і феромагнетизму. Подальший принциповий розвиток квантової теорії пов'язаний головним чином з релятивістською квантовою механікою. Нерелятивістська квантова механіка розвивалася в основному у напрямку охоплення різноманітних конкретних задач фізики атомів, молекул, твердих тіл (металів, напівпровідників), плазми і т.д., а також удосконалення математичного апарату і розробки кількісних методів розв'язання різних задач.

6.2. Розвиток ядерної фізики у 20 ст.



Френсіс Астон

Ядерні дослідження, перервані 1-ю світовою війною, поновилися одразу після війни. У 1919р. англійський фізик Ф. Астон, використовуючи розроблений Д. Томсоном метод парабол, побудував перший мас-спектрометр і в перших же дослідках отримав різні ізотопи неона, хлора, криптона та інших елементів. Відкриття ізоотопів стабільних елементів було першим досягненням післявоєнної фізики.

У 1919 р. було зроблено нове сенсаційне відкриття – штучне розщеплення ядра. Воно було зроблене Резерфордом при вивченні зіткнень α -частинок з легкими атомами. Пропускаючи пучок α -частинок через газ азот, він виявив серед продуктів зіткнень позитивні частинки з великим пробігом, таким як у атомів водню. З цього він зробив висновок, що при зіткненні швидкої α -частинки з атомом азоту останній розщеплюється, і при цьому звільняється ядро водню. На основі цього Резерфорд висловлює припущення, що ядра атома водню є складовою частиною ядер атомів. Згодом він запропонував назву «протон» для цієї складової частини ядра. Доповідаючи у 1920 р. про ці свої дослідження, Резерфорд висловлює гіпотезу про існування нейтрона і важкого ізоотопу водню. Це одразу пояснило характеристичні ядерні числа A і Z .

Однією з перших гіпотез про будову ядра була гіпотеза М. Склодовської-Кюрі про те, що ядра атомів складаються з ядер водню (протонів) і електронів. Але після відкриття спіна і принципу Паулі з'явилась проблема, названа азотною катастрофою, суть якої ось у чому. Ще в 1924 р. до

відкриття спіна В. Паулі припустив, що ядро має магнітний момент, який впливає на рух орбітальних електронів і тим самим створює надтонку структуру спектральних ліній. Пояснення тонкої структури спектрів наявністю обумовлених спіном магнітних моментів ядер привело до поділу ядер на два типи. Ядра парного типу, що володіють цілим спіном, підкоряються статистиці Бозе, ядра непарного типу, що володіють напівцілим спіном, підкоряються статистиці Фермі-Дірака. Тому за протонно-електронною теорією ядра, що складаються з парного числа електронів і протонів, повинні підкорятися статистиці Бозе, з непарного – статистиці Фермі-Дірака.



Ліза Мейтнер

У 1930 р. з'ясувалося, що ядро азоту підкоряється статистиці Бозе, хоча воно відповідно до протонно-електронної теорії будови ядра складається з 21 частинки (14 протонів, 7 електронів). Цей факт і одержав у науці назва азотної катастрофи. У тому ж році, коли виявилася азотна катастрофа, були опубліковані результати дослідів Л. Мейтнер і Ортмана, що підтвердили результати дослідів Елліса і Вустера 1927 р. Ці досліді показали, що повна енергія γ -променів, вимірювана товстостінним мікрокалориметром, менше різниці енергій вихідного і кінцевого ядер, тобто частина енергії, що випускає ядро при γ -розпаді, зникає. Виходить волаюче протиріччя із законом збереження енергії.



Джеймс Чедвік

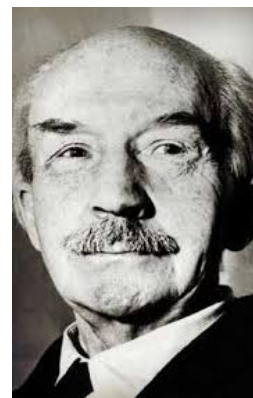
Розв'язання проблеми азотної катастрофи і загадки γ -спектрів було дано на основі припущення про існування в природі нейтральних частинок – важкої, названої нейтроном, і легкої – названої за пропозицією Фермі нейтрино, тобто маленьким нейтроном.

Історія відкриття нейтрона починається з безуспішних спроб Чедвіка виявити нейтрони при електричних розрядах у водні.



Гаррі Беккер

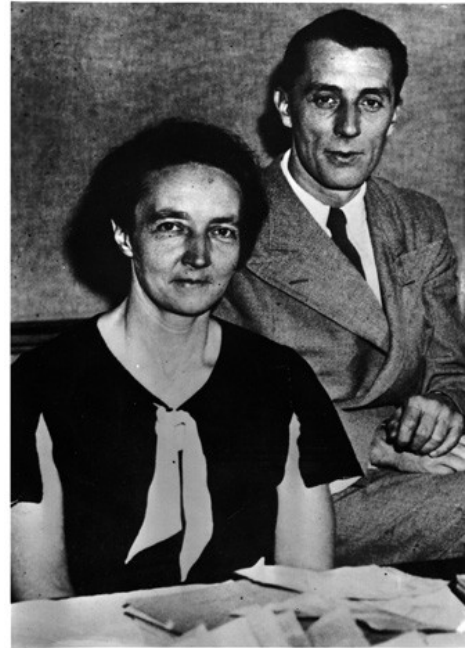
Резерфорд, як ми знаємо, здійснив першу штучну ядерну реакцію, бомбардуючи ядра атома α -частинками. Цим методом удалося також здійснити штучні реакції з ядрами бора, фтору, натрію, алюмінію й фосфору. При цьому вилітали протони з великою довжиною пробігу. Надалі вдалося розщепити ядра неону, магнію, кремнію, сірки, хлору, аргону й калію.



Вальтер Боте

У 1930 р. Вальтер Боте (1891-1957) і Г. Беккер бомбардували берилій α -частинками полонію. При цьому вони виявили, що берилій, а також бор випускають сильно проникаюче випромінювання, яке вони ототожнили із жорстким γ -

випромінюванням. 11 січня 1932 р. Ірен і Фредерік Жоліо-Кюрі доповіли на засіданні Паризької Академії наук результати досліджень випромінювання, відкритого Боте й Беккером. Вони показали, що це випромінювання «здатне звільняти у речовинах з великим вмістом водню протони, надаючи їм велику швидкість». Ці протони були ними сфотографовані у камері Вільсона. Інтерпретуючи свої результати, вони писали, що пояснення цього явища вибиванням протонів фотонами при пружному зіткненні фотона з ядром приводять до труднощів, обумовлених, з одного боку, тим, що для цього потрібен квант зі значною енергією, і, з іншого боку, тим, що цей процес відбувається занадто часто. Чедвік запропонував допустити, що випромінювання, збуджуване у берилії, складається з нейтронів – частинок з одиничною масою і нульовим зарядом. Надалі І. і Ф. Жоліо-Кюрі в ряді робіт 1932-1933 р. підтвердили існування нейтронів і їхню властивість вибивати протони з легких ядер. Вони встановили також випромінювання нейтронів ядрами аргону, натрію й алюмінію при опроміненні α -променями.



Ірен і Фредерік Жоліо-Кюрі



Дмитро Іваненко

28 травня 1932 р. радянський фізик Д. Д. Іваненко опублікував в «Nature» замітку, у якій висловив припущення, що нейтрон є поряд із протоном структурним елементом ядра. Він вказав, що така гіпотеза вирішує проблему азотної катастрофи. Справді, по цій гіпотезі ядро азоту складається з 14 частинок – 7 протонів і 7 нейтронів і, таким чином, підкоряється статистиці Бозе, як це було показано в 1930 р. Разетті з досліджень рамановського спектра. У червні 1932 р. з великою статтею про протонно-нейтронну модель ядра виступив В. Гейзенберг. Однак протонно-нейтронна модель ядра була зустрінута більшістю фізиків скептично. Вона, як здавалося, суперечила випускненню електронів ядрами в β -розпаді. Ідея про будову ядер тільки з важких частинок нелегко приймалась фізиками. Думка про те, що електрона усередині ядра немає, була висловлена ще в 1930 р. Діраком. Проте відкриття нейтрона багатьма фізиками розглядалося як несуттєве: просто відкрито складне об'єднання протона й електрона, так думав Резерфорд. Просту картину світу, фундаментом якого були протон і електрон, ніхто не хотів ускладнювати введенням нових частинок. І тільки наполегливе переконання Д. Іваненка, що протон і нейтрон мають однакову ступінь елементарності і що вони можуть переходити один в одного, випромінюючи електрон або позитрон, сприяли тому, що його ідея стала загальноприйнятою.



Карл Андерсон

спектроскопічних спостережень, а у 1932 р. Юрі виділив важкий водень шляхом перегонки. Позитрон, передбачуваний релятивістською квантовою теорією Дірака, був відкритий у 1932 р. в складі космічних променів американським фізиком К. Андерсоном. Перше припущення про випромінювання, що заповнює весь



Роберт Ван де Грааф

простір, висунула М. Склодовська-Кюрі у 1899 р. при спробі пояснити радіоактивність. Але однозначно його існування було доказано австрійським фізиком Віктором Гессом, який піднявся на повітряній кулі 7 серпня 1912 р. з електроскопом і виявив, що він розряджається під дією випромінювання великої проникної здатності, яке приходить зі світового простору на межу атмосфери. К. Андерсон, досліджуючи треки космічних променів у камері Вільсона, поміщений в сильне магнітне поле, виявив вигнуті сліди, які належали позитивним частинкам такої ж маси, що й електрон, яку він назвав позитроном. Треба сказати, що космічні промені майже до середини 50-х років були одним з найважливіших джерел елементарних частинок, і великій кількості важливих відкриттів у цій галузі вчені

1932 рік часто називають «великим роком у вивченні радіоактивності». В цьому році було зроблено 4 фундаментальні відкриття: нейтрона; дейтерію; позитрона; штучне перетворення елементів і зв'язане з цим взаємне перетворення матерії в енергію. Про відкриття нейтрона мова вже йшла вище. Відкриття важкого ізотопу водню передбачав ще у 1920 р. Резерфорд. Але лише у 1931 р. Бірге і Мендель дали опосередковане його підтвердження на основі



Віктор Гесс



Джон Кокфорд



Ернест Лоуренс



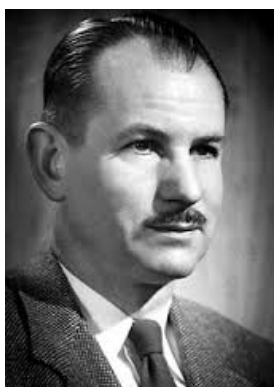
Ернест Уолтон

завдячують саме їм (про це нижче). Іншим джерелом опромінюючих частинок в ядерних дослідженнях були продукти радіоактивного розпаду. Але зі створенням у 1928 р. теорії α -розпаду Г. Гамова стала зрозумілою більша ефективність у ядерних реакціях протонів. Це підштовхнуло експериментаторів на розробку



Володимир Векслер

прискорювачів протонів. Найкращих результатів у цьому майже одночасно добились Ван де Грааф, Кокрофт і Уолт та Лоуренс. Ван де Грааф у 1931-33 рр. створив електростатичну індукційну машину, в якій була досягнута різниця потенціалів порядку 5 млн. В. Машина Кокрофта і Уолтона (1930-1932) давала різницю потенціалів до 700 тис. В і створювала струм протонів біля 10 мкА. Але найбільш оригінальний спосіб прискорення заряджених частинок здійснив американський фізик Лоуренс на циклотроні у 1932 р. Циклотрон дозволив одержати у 1937 р. протонний струм 100 мкА при енергії 8 МеВ. Прискорення електронів здійснювалось в одній з двох наступних модифікацій циклотрону, запропонованих одночасно і незалежно Векслером (СРСР) і Макміланом (США) у 1945 р. – у синхроциклотроні (фазотроні) і синхротроні. Ще один тип прискорювачів електронів – бетатрон – був створений Керстом у 1940 р. Переваги прискорювачів перед радіоактивними джерелами і космічними променями



Едвін Макмілан

полягали у можливості управління енергією частинок і передбачуваністю.

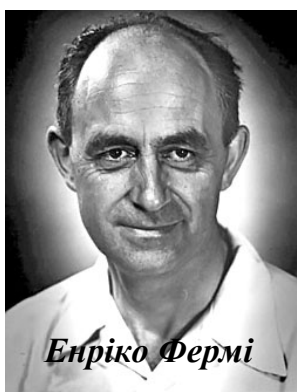
Після створення свого прискорювача Кокрофт і Уолтон здійснили перші штучні перетворення за допомогою прискорених протонів. У 1932 р., направляючи прискорені іони водню на літєву мішень, вони здійснили розщеплення ядра ${}^7_3\text{Li}$ на два ядра гелію, які розлітались з енергією 8,5 МеВ. Це була перша ядерна реакція, здійснена на прискорювачі



Вільям Керст

(${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow 2\,{}^4_2\text{He}$).

Новий період у розвитку ядерної фізики почався відкриттям 15 січня 1934 р. нового виду радіоактивності, про яке повідомили французькі фізики Ф. Жоліо та І. Кюрі. Вони виявили, що деякі легкі елементи (берилій, бор, алюміній) при бомбардуванні їх α -частинками полонію випромінюють позитрони. Вони показали, що у випадку алюмінію реакція відбувається наступним чином:



Енріко Фермі

${}^{13}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + {}^1_0\text{n}$. Ізотоп фосфору ${}^{30}_{15}\text{P}$ є радіоактивним і розпадається з періодом 3 хв. 15 с, випромінюючи позитрон згідно реакції

${}_{15}P^{30} \rightarrow {}_{14}Si^{30} + e^{+}$. Аналогічно були отримані інші штучні радіоактивні ізотопи, які не зустрічаються в природі. Відкрите явище було названо авторами штучною радіоактивністю. Це відкриття викликало широкий резонанс і за короткий час був отриманий ряд нових радіоактивних ізотопів. Але особливо важливими були дослідження італійського фізика Е. Фермі і його співробітників, які почали весною 1934 р. опромінювати елементи нейтронами. Цей напрямок привів врешті решт до зародження ядерної енергетики.

6.3. Зародження ядерної енергетики

У 1934 р. Е.Фермі став бомбардувати різні хімічні елементи нейтронами, намагаючись слідом за подружжям Жоліо-Кюрі отримати штучну радіоактивність. Причина вибору нейтронів замість протонів була у їхній нейтральності, завдяки чому на них не діяли кулонівські сили відштовхування ядер мішені. Фермі виявив, що метод нейтронного бомбардування є дуже ефективним. Цим методом йому вдалося активізувати



Франко Разетті

47 з 68 вивчених елементів. Захоплений успіхом, він разом з Ф. Разетті і О. Д'Агостіно зайнявся бомбардуванням важких елементів: торію і урану, і виявив серед продуктів реакції елементи з номером > 92 , тобто абсолютно нові штучні елементи. Але це відкриття було поставлене під сумнів, і лише у 1938 р. О.Ган і Л. Мейтнер підтвердили його. У 1940-1941 рр. були ідентифіковані два перших трансуранових елементи: нептуній і плутоній. Під час 2-ї світової війни і після неї було відкрито ще більше 10 трансуранових елементів.

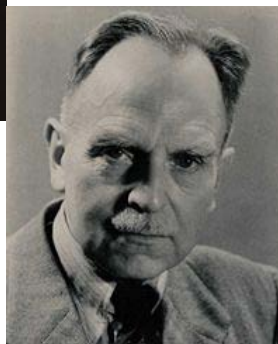
Важливе відкриття Фермі зробив у жовтні 1934 р. Він помітив, що парафін, вода і інші речовини, які містять багато водню, при їх розташуванні між джерелом нейтронів і мішенню не лише не зменшують активність нейтронів, але й посилюють її у сотні разів. Після ретельних досліджень він встановив, що повільні нейтрони, сповільнені внаслідок зіткнень з ядрами водню, мають дуже велику ефективність у ядерних реакціях.

У 1935 р. колегами радіоактивного працював з При цьому була поглинання факт поглинання встановлений Фермі. Питанням про захват нейтронів



Ігор Курчатов

радянські фізики І. В. Курчатов з відкрили явище ядерної ізомерії для Br^{70} . В цьому ж році І. В. Курчатов реакціями на повільних нейтронах. вияснена складна залежність нейтронів від швидкості, і зокрема, резонансного нейтронів, який був



Отто Ган



Яків Френкель

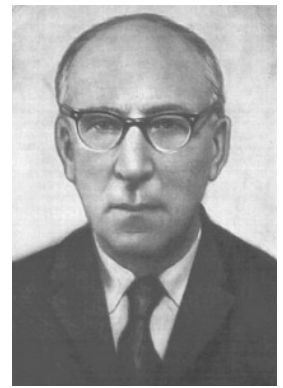
зацікавився Н. Бор, який прийшов до висновку, що процес ядерної реакції, обумовлений захватом нейтрона, слід розділити на дві незалежні стадії. Перша стадія полягає в утворенні складної досить стійкої системи – компаунд-ядра у збудженому стані. На наступному етапі ядро ділиться, випромінюючи частинку. Радянський фізик-теоретик Я. І. Френкель, аналізуючи модель Бора, запропонував «тверду» модель важких ядер, з поверхні яких після поглинання нейтрона внаслідок збурення пружних коливань відбувається випромінювання нейтрона. Цю модель підтримав і Н.Бор, але, підійшовши впритул до явища ділення, вони не змогли побачити суть справи.

У 1938 р. наступила розв'язка. І. Жоліо-Кюрі і Югослав Павло Савич, а згодом і О. Ган з Ф. Штрасманом виявили, що в урані, активізованому методом Фермі, є елемент із середини періодичної системи – лантан. Це



Фріц Штрасман

явище як результат поділу ядра урану пояснили в кінці 1938 - на поч. 1939 р. О. Ган і Ф. Штрасман, Л. Мейтнер і С. Фріш, Фр. Жоліо-Кюрі. У квітні 1939 р. Я. І. Френкель виступив зі статтею, в якій ділення важких ядер урану при захваті нейтрона пояснив „як наслідок капілярної нестійкості рідкої краплини, що має великий електричний заряд”. У



Сергій Фріш



Джон Уїлер

липні 1940 р. Н. Бор і Дж. Уїлер представили статтю, в якій було дано пояснення механізму ділення ядра на основі моделі ядра як рідкої краплини. Бор і Френкель передбачили спонтанний поділ ядер. Була обґрунтована можливість протікання в урані ланцюгової ядерної реакції, хоча ідею ланцюгової ядерної реакції висунув ще у 1934 р. Л. Сціллард, а Ф. Перрен виконав у тому ж році розрахунок необхідної мінімальної –



Лео Сціллард



*Франсуа
Перрен*

критичної маси.

Дані відкриття поставили питання про можливість отримання енергії ділення. Вони співпали з початком 2-ї світової війни, розв'язаної фашистською Німеччиною. Стурбований можливістю отримання гітлерівцями потужної ядерної зброї, Ейнштейн підписав лист президенту США Рузвельту, в якому попереджав його про цю небезпеку і рекомендував почати роботу з атомної енергії. В результаті в США була створена група вчених з



*Роберт
Оппенгеймер* 138

багатьох країн світу. 2 грудня 1942 року в Чикаго групою під керівництвом Е. Фермі був запущений перший ядерний реактор. У 1944 році в США був збудований 1-й ядерний реактор на природному урані з важкою водою в якості сповільнювача. Група, яка працювала у Лос-Анджелесі під керівництвом Роберта Оппенгеймера, створила атомну бомбу, перше випробування якої відбулося 16 липня 1945 року, а у серпні 2 бомби були скинуті на японські міста Хіросіму і Нагасакі. Цікаво, що німецькі фізики під час війни також були близькі до створення атомної зброї.

В СРСР роботи над отриманням ядерної енергії почалися під час Великої Вітчизняної війни. Керівником робіт був тричі Герой соціалістичної праці академік І. В. Курчатов. Робота над отриманням атомної енергії почалась весною 1943 р., а 25 грудня 1946 р. була здійснена ланцюгова ядерна реакція ділення урану. Володіння американцями атомною зброєю в розпал холодної війни стимулювало роботи радянських вчених над її створенням, і у серпні 1949 р. під керівництвом І. В. Курчатова було проведено її випробування. Через 4 роки в СРСР була створена і випробувана воднева бомба. Після створення атомної зброї зусилля вчених зосередились на використанні атомної енергії у мирних цілях. І у червні 1954 р. була запущена перша в світі атомна електростанція в м. Обнінську.

Відкриття атомної енергії привело до проблеми безпеки її використання і збереження миру.

6.4. Відкриття у фізиці елементарних частинок

Відкриття елементарних частинок стало закономірним результатом загальних успіхів у вивченні будови речовини, досягнутих фізикою наприкінці 19 ст. Воно було підготовлено всебічними дослідженнями оптичних спектрів атомів, вивченням електричних явищ у рідинах і газах, відкриттям фотоелектрики, рентгенівських променів, природної радіоактивності, що свідчили про існування складної структури матерії.

Історично першою відкритою елементарною частинкою був електрон – носій негативного елементарного електричного заряду в атомах. У 1897 р. Дж. Дж. Томсон установив, що так звані катодні промені утворені потоком дрібних частинок, які були названі електронами. У 1911 р. Е. Резерфорд, пропускаючи α -частинки від природного радіоактивного джерела через тонкі фольги різних речовин, з'ясував, що позитивний заряд в атомах зосереджений у компактних утвореннях – ядрах, а у 1919 р. виявив серед частинок, вибитих з атомних ядер, протони – частинки з одиничним



позитивним зарядом і масою, у 1840 разів перевищуючу масу електрона. Інша частинка, що входить до складу ядра, – нейтрон була відкрита у 1932 р. Дж. Чедвіком при дослідженнях взаємодії α -частинок з берилієм. Нейтрон має масу, близьку до маси протона, але не має електричного заряду. Відкриттям нейтрона завершилося виявлення частинок, що є структурними елементами атомів і їхніх ядер.

Висновок про існування частинки електромагнітного поля – фотона бере свій початок з роботи М. Планка

(1900 р.). Припустивши, що енергія електромагнітного випромінювання абсолютно чорного тіла квантована, Планк одержав правильну формулу для спектра випромінювання. Розвиваючи ідею Планка, А. Ейнштейн (1905 р.) постулював, що електромагнітне випромінювання є потоком окремих квантів (фотонів), і на цій основі пояснив закономірності фотоефекта. Прямі експериментальні докази існування фотона були дані Р. Міллікеном (1912-15 р.) і А. Комптоном (1922 р.).

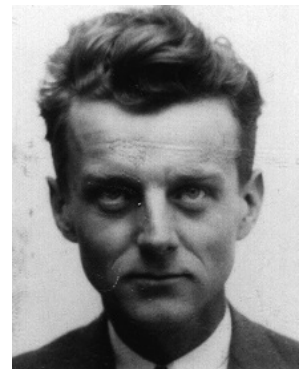


Фредерик Райнес

Відкриття нейтрино – частинки, майже не взаємодіючої з речовиною, веде свій початок від теоретичної здогадки В. Паулі (1930 р.); припущення про народження такої частинки дозволило усунути труднощі з вдаванням невиконанням закону збереження енергії в процесах бета-розпаду радіоактивних ядер. Експериментально існування нейтрино було підтверджено лише в 1953 р. (Ф. Райнес і К. Коуен).

З 30-х і до початку 50-х рр. вивчення елементарних частинок було тісно пов'язане з дослідженням космічних променів. У 1932 р. у складі космічних променів К. Андерсон

виявив позитрон (e^+) – частинку з масою електрона, але з позитивним зарядом. Позитрон був першою відкритою античастинкою. Існування позитрону безпосередньо впливало з релятивістської теорії електрона, створеної П. Діраком (1928-31 р.) незадовго до виявлення позитрона. В 1936 р. К. Андерсон і С. Неддермейер виявили при дослідженні космічних променів мюони (обох знаків електричного заряду) – частинки з масою приблизно в 200 мас електрона, а в іншому дивно близькі за властивостями до електрона і позитрона. У



Сет Неддермейер

1947 р. також у космічних променях групою С. Пауелла були відкриті π^+ і



Хідекі Юкава

π^- мезони з масою в 274 електронні маси, що відіграють важливу роль у взаємодії протонів і нейтронів у ядрах. Існування подібних частинок було передбачено японським фізиком-теоретиком Х. Юкавою у 1935 р.

Кінець 40-х - початок 50-х рр. ознаменувалися відкриттям великої групи частинок з незвичайними властивостями, що одержали назву дивних. Перші частинки цієї групи – K^+ і K^- мезони, Λ -гіперони були відкриті в космічних променях, наступні відкриття дивних частинок були зроблені на прискорювачах заряджених частинок, що створюють інтенсивні потоки протонів і електронів високих енергій. При

зіткненні з речовиною прискорені протони і електрони народжують нові

елементарні частинки, які детально вивчаються за допомогою спеціальних приладів. З початку 50-х рр. прискорювачі перетворилися в основний інструмент для дослідження елементарних частинок. У 70-х рр. 20 ст. енергії частинок, розігнаних на прискорювачах, склали десятки і сотні ГеВ. Застосування прискорювачів для вивчення дивних частинок дозволило більш детально вивчити їхні властивості, зокрема особливості їхнього розпаду, і привело до важливого відкриття: з'ясування можливості зміни характеристик деяких мікропроцесів при операції дзеркального відбиття – порушення просторової парності (1956 р.).

Введення в дію протонних прискорювачів з енергіями в декілька ГеВ дозволило відкрити важкі античастинки: антипротон (1955 р.), антинейтрон (1956 р.), антисігма-гіперони (1960 р.). У 1964р. був відкритий найважчий гіперон Ω^- (з масою біля двох мас протона). В 1960-х рр. на прискорювачах було відкрито велике число вкрай нестійких (у порівнянні з іншими нестабільними елементарними частинками) частинок, що одержали назву резонансів. Маса більшості резонансів перевищують масу протона. Перший з них Δ^- (1232) був відомий з 1953 р. Виявилося, що резонанси становлять основну частину елементарних частинок. У 1962 р. з'ясувалося, що існують два різних нейтрино: електронне і мюонне. У 1964 р. у розпадах нейтральних



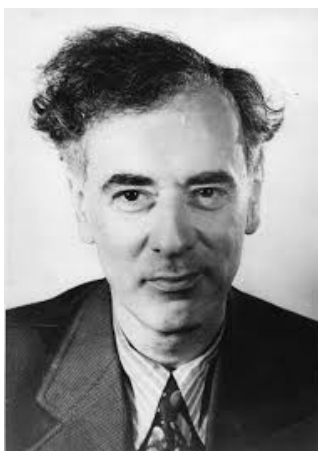
Лі Цзундао

K -мезонів було виявлено незбереження т.зв. комбінованої парності (введеної Лі Цзундао і Янг Чжэньніном і незалежно Л. Д. Ландау у 1956 р.), що означає необхідність перегляду звичних поглядів на поведінку фізичних процесів при операції обернення часу.



Янг Чжэньнін

В 1974 р. були виявлені масивні (в

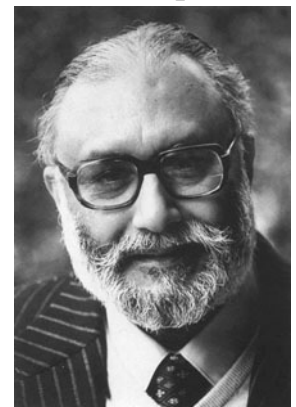


Лев Ландао

3-4 протонні маси) і в той же час відносно стійкі J/ψ і ψ' частинки із часом життя, надзвичайно більшим за час життя резонансів. Вони виявилися тісно пов'язаними з новим сімейством елементарних частинок – «зачарованих», перші представники якого (D^0, D^+, Λ_c) були відкриті в 1976 р. В 1975 р. були отримані перші відомості про існування важкого аналога електрона і мюона - важкого τ -лептона. У 1977 р. були відкриті іпсилон-частинки з масою порядку десяти протонних мас, у 1981 р. – так звані «красиві» частинки, а у 1983 р. – проміжні векторні бозони – переносники слабкої взаємодії, передбачені єдиною

теорією слабкої і електромагнітної взаємодій, створеній пакистанським фізиком Абдусом Саламом.

Таким чином, за роки, що пройшли після відкриття



Абдус Салам

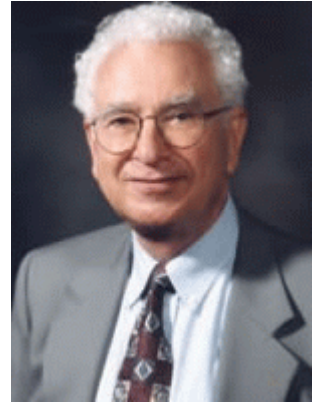
електрона, було виявлено величезне число різноманітних мікрочастинок. Світ



**Кацукіх
Нішіджима**

елементарних частинок виявився дуже складно влаштованим. Несподіваними в багатьох відносинах виявилися властивості виявлених елементарних частинок. Для їхнього опису, крім характеристик, запозичених із класичної фізики, таких, як електричний заряд, маса, момент

імпульсу, треба було ввести багато нових спеціальних



Мюррей Гелл-Ман

характеристик, зокрема для опису дивних елементарних частинок – дивність (К. Нішіджима, М. Гелл-Ман, 1953 р.), «зачарованих» – «зачарування» (Дж. Бйоркен, Ш. Гленшоу, 1964 р.); уже назви наведених характеристик відбивають незвичайність описуваних ними властивостей елементарних частинок. Вивчення внутрішньої будови матерії і властивостей елементарних частинок з перших кроків супроводжувалося радикальним переглядом багатьох

усталених понять. Закономірності, що управляють поведінкою матерії в

малому, виявилися настільки відмінними від закономірностей класичної механіки і електродинаміки, що зажадали для свого опису зовсім нових теоретичних побудов. Були створені принципово нові теорії: спеціальна і загальна теорія відносності (А. Ейнштейн, 1905 р. і 1916 р.) і квантова механіка (Н. Бор, Л. де Бройль, В. Гейзенберг, Е. Шредінгер, М. Борн, 1924-27 р.).

Теорія відносності й квантова

механіка знаменували справжню революцію в науці про природу й заклали основи для опису явищ

мікросвіту. Однак для тлумачення процесів, що відбуваються з елементарними частинками, квантової механіки виявилось недостатньо. Знадобився наступний крок – квантування класичних полів (так зване вторинне квантування) і розробка квантової теорії поля.

Найважливішими етапами на шляху її розвитку були: формулювання квантової електродинаміки (П. Дірак, 1929

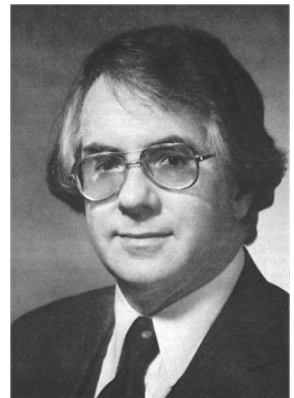
р.), квантової теорії β -розпаду (Е. Фермі, 1934 р.), що поклала початок теорії слабкої взаємодії, квантової мезо-динаміки (Х. Юкава, 1935 р.). Цей період



**Син'ітіро
Томонага**



Юліан Швінгер



Шелдон Гленшоу



Річард Фейнман

завершився створенням послідовного обчислювального апарата квантової електродинаміки (С. Томонага, Р. Фейнман, Ю. Швінгер, 1944-1949 р.), заснованого на використанні техніки перенормування. Ця техніка була узагальнена згодом і на інші варіанти квантової теорії поля. Квантова теорія поля продовжує розвиватися й удосконалюватися і є основою для опису взаємодій елементарних частинок. Однак незважаючи на істотні успіхи, вона ще далека від завершення і не може в сучасному вигляді претендувати на роль всеосяжної теорії елементарних частинок. Походження багатьох властивостей елементарних частинок і природа притаманних їм взаємодій в значній мірі залишаються неясними. Можливо, знадобиться ще не одна перебудова всіх уявлень і набагато більш глибоке розуміння взаємозв'язку властивостей мікрочастинок і геометричних властивостей простору-часу, перш ніж теорія елементарних частинок буде побудована.

МОДУЛЬ 4. ІСТОРИЗМ У НАВЧАННІ ФІЗИКИ

Розділ 7. Історія розвитку фізики в Україні

7.1. Огляд історії фізичних досліджень в Україні до початку XX ст.

Перші наукові осередки в Україні виникли наприкінці 16-го та на початку 17-го століття. Це Острозька та Києво-Могилянська академії. У 1576 р. під патронатом князя К. Острозького була створена Греко-слов'янсько-латинська колегія, яку називали також Академією. Вона об'єднувала кращі наукові сили України того часу. Коло інтересів Академії - гуманітарні науки: історія, філософія, філологія, богослов'я. Академія припинила своє існування у 1636 р.

У Києві в 1632 р. митрополит П. Могила організовує учбовий заклад – Києво-Могилянську Колегію, яка готувала фахівців не лише гуманітарних, але й природничих наук. Колегія не поступалася рівнем філософських та натурфілософських наук тогочасним університетам Європи. Після Переяславського договору вона стала головним культурно-освітнім центром Росії. Під час своєї реформаторської діяльності російський цар Петро I в значній мірі опирався на випускників цієї Колегії, з її стін вийшло багато його сподвижників, зокрема основоположник російської натурфілософії (природничих наук) Ф. Прокопович. У 1701 році цар своїм указом надав Колегії статусу Академії. В Академії у 1734 р. навчався М. Ломоносов, видатний російський природодослідник, фундатор Московського університету. У 1817 р. Академію було закрито.

У 1661 р. декретом польського короля Яна Казимира у Львові створюється перший на території нинішньої України університет. У 1727 р. створюється Харківський колегіум, в якому на високому рівні викладались природничі науки. У 1805 р. з дозволу імператора Олександра I було відкрито Харківський університет – третій в Російській імперії після Московського і Казанського, у 1834 р. – Київський.

Відкриття університетів стимулювало створення наукових товариств. Царизм не визнавав української нації і категорично забороняв українську мову, книгодрукування, театр тощо. За цих умов центр українського руху за національне відродження перемістився в ту частину України, яка входила до складу Австро-Угорщини, де ставлення до українського питання було більш поблажливим.

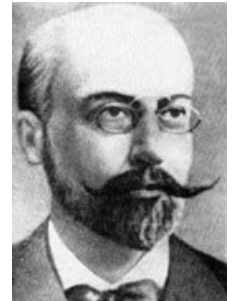
У 1873 р. за ініціативою представників російської частини України у Львові було створено товариство імені Т. Шевченка, яке у 1892 р. було реорганізоване в Наукове Товариство ім. Шевченка (НТШ). При товаристві з самого початку працювала математично-природничо-лікарська секція. Це товариство діяло не стільки як наукова установа, а як осередок, що об'єднував вчених, які працювали в різних наукових закладах і навіть в різних країнах. Членами НТШ, зокрема, були такі всесвітньо відомі фізики, як М. Планк, А. Ейнштейн та ін. Це товариство було розгромлене більшовиками у 1939 р. після приєднання Західної України до Радянського

Союзу. Серед перших дійсних членів НТШ були українські фізики І. Пулюй та Д. Пильчиков.



Іван Пулюй

І. Пулюй у 1872 р. закінчив технологічний факультет Віденського університету. З 1875 р. працював разом з В. Рентгеном у Страсбурзькому університеті у відомого експериментатора А. Кундта. З 1884 р. – професор експериментальної та технічної фізики у Німецькій вищій технічній школі в Празі. І. Пулюй досяг значних успіхів у дослідженні процесів у газорозрядних трубках та в електротехніці, але головним його досягненням є відкриття незалежно від



**Микола
Пильчиков**



**Тимофій
Осиповський**

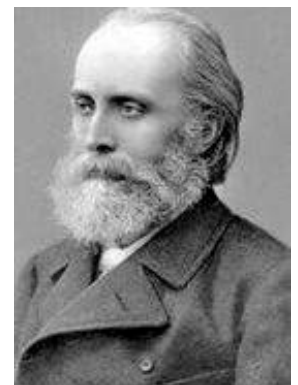
Рентгена рентгенівських променів та наступне їх дослідження та використання.

Д. Пильчиков у 1880 р. закінчив Харківський університет, працював в Новоросійському (нині Одеському) та Харківському університетах. Праці присвячені оптиці, земному магнетизму, електро- та радіотехніці, радіокеруванню, рентгенівським променям, радіоактивності і т. ін. Д.Пильчиков був одним із співзасновників НТШ.

Осередками фізичних досліджень до революції були університети та політехнічні інститути. Одним з перших фізиків Харківського університету був Т. Осиповський, який досліджував природу світла. Його учень М. Остроградський зробив значний внесок у розвиток теоретичної механіки та електродинаміки.



**Михайло
Остроградський**



**Михайло
Авенаріус**

Перша фізична школа в Україні була створена в 19 ст. професором Київського університету М. Авенаріусом.

Він разом з групою учнів (В. Л. Зайончевський, О. Е. Страус, К. М. Жук, А. І. Надеждин і ін.) отримали важливі результати в області критичного стану речовини. Протягом 1875-1889 р.р. ними були отримані критичні параметри великої кількості речовин, які ввійшли в основний фонд фізичних величин і тривалий час залишались незмінними. Зокрема, у 1885 р. Надеждин вперше новим методом (метод Надеждіна) визначив критичну температуру води.



**Фрідріх
Рейнітцер**

Маловідомий той факт, що у 1861 р. професор Львівського університету Планер фактично отримав рідкі кристали, але відкрите явище не зрозумів і подальших досліджень не проводив. Тому честь відкриття рідких кристалів (1888 р.) дісталась австрійському ботаніку Ф. Рейнітцеру.

У 1884 р. в Київському університеті було створено першу в Україні кафедру теоретичної фізики, яку очолив М. Шіллер, який успішно займався питаннями термодинаміки, описав пружність насиченої пари (закон Томсона - Шіллера)

У 1887 р. при Львівському, а на рубежі 19-20 ст. при Новоросійському університетах були відкриті фізичні



Микола Шіллер



**Леонід
Мандельштам**

інститути. В 1910 р. в Одесі Є.С. Буксером була створена перша вітчизняна радіологічна лабораторія.

Певна навчальна і наукова робота в області фізики в Україні підготували ґрунт для її подальшого розвитку. Восени 1918 р. за часів гетьманування П. Скоропадського була створена Українська Академія наук, першим головою якої став видатний



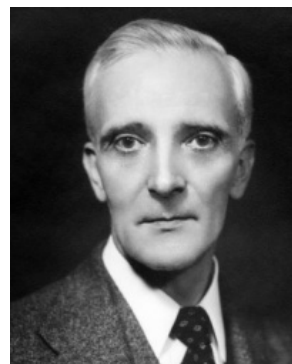
**Микола
Папалексі**



Ігор Тамм

природодослідник В.Вернадський.

Значну роль в розвитку фізики в Україні відіграв Л. І. Мандельштам, який в 1918-1922 р. працював в Одесі, де приймав активну участь у створенні політехнічного інституту. В якості завідуючого кафедрою він залучив для роботи у вузі М. Д. Папалексі, І. Є. Тамма та ін., організував фізичну лабораторію, у важких умовах громадянської війни регулярно читав лекції з фізики і курс коливань. В 1920-1921 р.р. Мандельштам незалежно від Л. Бріллюена відкрив явище зміни спектрального розподілу світла при його розсіянні в кристалах (ефект Мандельштама-Бріллюена).



Леон Бріллюен

7.2. Розвиток фізичної науки в Україні у XX ст.



*Олександр
Гольдман*

В перші роки радянської влади наукова робота з фізики в Україні велась на ряді вузівських кафедр і в лабораторіях. Одним з перших центрів фізичних досліджень в Україні була кафедра фізики Київського університету, організована у 1923 р. О. Гольдманом, де були розпочаті вперше в Україні дослідження напівпровідників. У 1927 р. Гольдман заснував перший в Україні фізичний журнал «Фізичні записки».



Микола Крилов

З ініціативи групи професорів Київського університету в 1918 р. було відкрито Таврійський університет у Сімферополі. Тут працювали такі визначні фізики, як Я. Френкель, М. Крилов, А.Ф. Йоффе, І. Тамм. Цей університет закінчили майбутні видатні ядерники І. Курчатова та К. Синельников, тричі Герой

соціалістичної праці СРСР, спеціаліст в теорії горіння і вибуху К. Щолкін.

Експериментальна фізика в Україні фактично виникла після революції, що було обумовлено розвитком та потребами індустрії. Було створено три осередки експериментальної фізики – в Києві,

Харкові та Дніпропетровську.



Ігор Курчатова

В 20-х роках центр фізичних досліджень в Україні переміщується з вузівських кафедр в науково-дослідні інститути. Перший фізичний інститут був офіційно відкритий у 1926 р. при Одеському держуніверситеті (фактично він функціонував з 1922 р.). У 1929

р. в Києві на базі науково-дослідної кафедри фізики було засновано інститут фізики. У довоєнні роки інститут був одним з основних науково-дослідних центрів дослідження напівпровідників та фізичної електроніки. З ініціативи вихідця з України академіка А. Йоффе у 1930 р. в Харкові був створений Український фізико-технічний інститут (УФТІ), науковий штат якого був початково укомплектований в основному молодими вченими Ленінградського фізико-технічного інституту. Директором УФТІ було



Яків Френкель



Адам Йоффе



*Кирило
Синельников*

призначено відомого ленінградського професора І. Обреїмова.



***Олександр
Лейпунський***

Одним з основних напрямків досліджень інституту стали високі напруги, прискорення частинок та ядерна фізика. В жовтні 1932 р. група фізиків у складі К. Синельникова, О. Лейпунського, О. Вальтера та Г. Латишева повторила дослід Кокрофта та Уолтона з розщеплення атомного ядра



Олександр Вальтер

штучно прискореними протонами. В цьому ж році почав будуватися найбільший на той час у світі електростатичний генератор Ван де Граафа на напругу в 4 МВ. До самої війни в інституті велись дослідження взаємодії прискорених електронів з речовиною та нейтронів з ядрами.



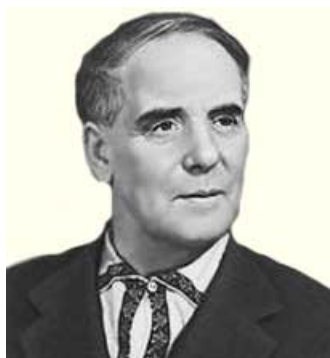
***Георгій
Латишев***

Одразу ж після відкриття у 1932 р. нейтрона організатор теоретичного відділу УФТІ Д.Д. Іваненко висунув гіпотезу про нейтрон-протонну будову атомного ядра та про відсутність в ньому легких частинок - електронів та позитронів. Це дозволило об'єднати і пояснити всі наявні на той час експериментальні результати, включаючи дані про спіни ядер. Фактично ядерна наука у Радянському Союзі була започаткована саме в Харкові. Тут постійно працювали ленінградські ядерники, зокрема «батько» радянської атомної бомби І. Курчатов.

В УФТІ існувала також перша в СРСР кріогенна лабораторія, в якій при дослідженні надпровідності вперше було виявлено, що магнітна індукція надпровідників дорівнює нулеві (1934 р.), досліджено надпровідники другого роду (1936 р.), експериментально підтверджено гіпотезу Сільсбі про руйнування надпровідного стану струмом (1936 р.), експериментально підтверджено передбачене Л. Ландау існування проміжного стану надпровідників в магнітному полі (1937 р.), відкрито перехід 2,5 роду в надпровідниках у магнітному полі (1965 р.) та отримано інші результати, важливі для розуміння явища надпровідності.

Україна також славиться своїми потужними теоретичними школами, які були закладені ще в довоєнні роки. Молоді і талановиті Д. Іваненко та Л. Ландау, майбутній Нобелівський лауреат, талант яких розцвів в УФТІ, підтримували найтісніші зв'язки з провідними фізиками Європи. Ландау був частим і бажаним гостем Н. Бора, якого вважав своїм вчителем, належав до тієї елітарної групи європейських фізиків, з іменами яких пов'язаний розвиток фізики першої половини 20-го століття. Керуючи в 1932-1937 р.р. теоретичним відділом УФТІ і кафедрою теоретичної фізики Харківського механіко-машинобудівного інституту, він створив свою теоретичну школу. Після переїзду Ландау до Москви в Інститут фізичних проблем на запрошення П. Капиці в Харкові уже його учні утворили свої школи, завдяки

чому сьогодні уже кілька сот теоретиків, що набули фаху в Харкові, працюють в різних куточках СНД та за кордоном.



Петро Каниця

Друга потужна школа фізиків-теоретиків завдячує своїм утворенням М. Боголюбову, котрий розпочав свій творчий шлях у Києві як математик (між іншим, у 1939 р. М. Боголюбов погодинно читав в Уманському педагогічному інституті лекції з функціонального аналізу). Його першим видатним досягненням був розвиток асимптотичних методів в



*Микола
Боголюбов*

теорії нелінійних коливань, виконаний разом з його вчителем М. Криловим. Згодом М. Боголюбов запропонував науковій спільноті ряд блискучих ідей та методів в статистичній фізиці, теорії квантових полів та елементарних частинок, теорії надпровідності та надплинності.

У 1933 р. в центрі гірничодобувної та металургійної промисловості Радянського Союзу Дніпропетровську було організовано Фізико-технічний інститут, що став центром матеріалознавчих досліджень. Інститут очолив І. Курдюмов. Невдовзі були отримані перші наукові результати, що стосувались природи та структури мартенситу та кінетики мартенситних перетворень, впливу легування на властивості сплавів.

З початком війни більшість фізиків України пішла на фронт, частина була евакуйована разом з інститутами на Урал та в Середню Азію, де основним заняттям стала фізика, безпосередньо пов'язана з війною.

Після війни в Україні була створена широка мережа фізичних науково-дослідних інститутів. За обсягом виконуваних робіт та підбором наукових кадрів в СРСР вони поступалися лише російським науковим закладам, але значно випереджали інші республіканські. Організація нових наукових закладів в Україні відбувалася шляхом виокремлення їх з двох перших фізичних інститутів – в Києві та Харкові.

Київський інститут фізики став родоначальником ряду науково-дослідних установ Відділення фізики АН УРСР. Так, відділ дифузійних процесів інституту з часом став Лабораторією металофізики (1945 р.), що згодом була реорганізована в Інститут металофізики АН УРСР (1955 р.). У 1960 р. на базі відділів фізики напівпровідників і теоретичної фізики, а також лабораторії поверхні напівпровідників організовано Інститут напівпровідників АН УРСР. У 1970 р. на базі відділення ядерної фізики, ядерних реакцій, ядерної спектроскопії, фотоядерних процесів засновано Інститут ядерних досліджень АН УРСР.

ХФТІ, у свою чергу, започаткував низку дочірніх інститутів. Це Інститут радіофізики і електроніки (1955 р.), Фізико-технічний інститут низьких температур (1960 р.), Донецький фізико-технічний інститут (1965 р.). Від Інституту радіофізики та електроніки «відгалузився» Радіоастрономічний інститут.

Впродовж повоєнних років ці фізичні заклади виконували важливі наукові дослідження і отримали значні досягнення в ядерній і теоретичній фізиці, фізиці плазми, металофізиці та матеріалознавстві, зокрема радіаційному, радіофізиці та емісійній електроніці, оптичній квантовій електроніці та нелінійній оптиці, фізиці низьких температур.

Сьогодні Україна переживає складний і нелегкий історичний момент утвердження свої державності на нових політичних, суспільних та економічних засадах. Не залишається поза цими докорінними змінами й розвиток фізичних досліджень в Україні. Для збереження потужного потенціалу і для запобігання глибокого занепаду науки вона повинна розв'язати ряд щонайсерйозніших проблем.

Перш за все, виникла нагальна необхідність переорієнтації тих досліджень, які були тією чи іншою мірою пов'язані з військовими – ядерними та іншими – програмами, котрі зазнають зараз припинення, скорочення та конверсії. Через це необхідні термінові зміни не лише у виборі тематики та організації прикладних, але й пов'язаних з ними фундаментальних досліджень, а також у підготовці наукових кадрів.

По-друге, після розпаду СРСР стали відкритими широкі можливості для налагодження більш широких та плідних стосунків з фізиками решти світу, для входження українських фізиків у світове наукове співтовариство при безумовному збереженні зміцнених протягом десяти років творчих стосунків з колегами в країнах СНД та Східної Європи. Звичайно, ефективна взаємодія з зарубіжними колегами може бути налагоджена лише за тієї умови, що науковий та технічний рівень виконуваних в Україні досліджень не відставатиме від світового.

7.3. Внесок українських зарубіжних вчених у фізику

Спричинена революцією та громадянською війною розруха, а згодом і жорсткий сталінський режим викликали в першій половині ХХ ст. хвилю еміграції української інтелігенції, яка зачепила також фізиків, механіків, винахідників. Багато з них, плідно працюючи за кордоном, переважно в Західній Європі або у Північній Америці, отримали міжнародне визнання і славу.

До українських зарубіжних фізиків нижче буде віднесено тих, хто сам або ж їх предки хоча б в одній з паростей мають безпосереднє походження з України. Назвемо (в алфавітному порядку) найбільш відомі прізвища вчених та їх досягнення.

Жан (Іван) Бержерон. Народився в Парижі у 1942 р., мати - українка, батько - француз. Здобув ступінь доктора з фізики реакторів в університеті Париж-Орсе, вважається провідним спеціалістом у галузі стабільності та контролю ядерних реакторів. Його праці прислужилися до того, що хоча у Франції понад 70% енергії походить з ядерних реакторів, їх безпека ще не була під серйозною загрозою.

Олекса Біланюк народився в 1926 р. в Сяноку на Лемківщині; тривалий час живе і працює в США. В історію світової науки він увійшов тим, що 1962 року разом з індійським фізиком Сударшаном опублікував статтю, в якій було доведено: в природі існують частинки, які рухаються швидше за світло.

Доповнивши цим теорію Ейнштейна, українець Олекса Біланюк став одним з основоположників нового напрямку в розвитку сучасної фізики, а частинки, швидші від світла, визначені ним та Сударшаном, дістали назву тахіонів. Олекса Біланюк завжди підкреслює своє українське походження, постійно турбується про розвиток фізики в Україні, з 1992 р. він обраний іноземним членом АН України.

Ігор Вітковицький народжений у Львові у 1932 р., він отримав дипломи з фізики плазми Рочестерського та Мерилендського університетів у США. До своєї відставки він був керівником глибоко засекречених проєктів з фізики плазми у дослідній лабораторії флоту у Вашингтоні. Там він виконав основоположні праці з ударних хвиль у плазмі, ультрарелятивістських електронних пучків надвисокої інтенсивності, генераторів мегавольтних імпульсів та інерційно-індуктивних пульсаторів надмегаджоульової потужності. У 1985 р. його обрано дійсним членом Української вільної академії наук у США.

Ігор Гавришкевич. Професор інформатики в Університеті технології у Сідней в Австралії, Ігор Гавришкевич народився у 1939 р. у с. Чернявка в Галичині. Ступінь доктора з кібернетики він здобув у 1973 р. в Массачусетському технологічному інституті в США. Він був одним з перших, хто прокладав шлях у паралельному програмуванню комп'ютерів.

Джордж (Георгій) Гамов. Народився в Одесі у 1904 р. У своїй автобіографії Гамов відзначав, що його мати походила із запорізької козацької родини Лебединців. У 1926-1933 рр. Георгій Гамов вибився у передові лави радянських фізиків. У 1928-1931 рр. стажувався і працював у таких чільних наукових центрах, як Гетінген, Копенгаген та Кембрідж. Всесвітнє визнання Гамов вперше отримав у 1928 р., коли на підставі нової тоді квантової механіки вивів теорію проникнення ядерного бар'єру альфа-частинками. Емігрувавши з СРСР, він з 1934 р. працював професором фізики Джордж-Вашінгтонського та Колорадського університетів США. Численні наукові досягнення Гамова в Америці включають космологічну теорію «гарячого первісного вибуху» та його тепер загально прийняте положення про генетичний код ДНК. Помер Дж. Гамов у штаті Колорадо у 1968 р.

Юрій Даревич. Професор фізики в Йоркському університеті у Торонто, Ю. Даревич народився у Сухоріччі в Галичині у 1939 р. Ступінь доктора з класичної теорії поля здобув в університеті Альберта. Його праці з кілька частинкових систем у квантовій теорії поля, з атомної теорії розсіяння та із взаємодії позитронів з газами здобули міжнародне визнання. З 1992 р. Ю. Даревич – іноземний член АН України.

Олег Єфименко. Професор фізики в Університеті Західної Вірджинії. Народився у Харкові у 1922 р. У 1946-1949 рр. вивчав фізику у Гетінгенському університеті. Ступінь доктора з теоретичної фізики здобув у 1956 р. в Університеті Орегони у США. Його головні праці стосуються електромагнітної теорії, електродинаміки космічних просторів та атомної фізики. Олег Єфименко зробив вагомий внесок у розв'язання основних питань про логічну структуру електродинаміки.

Юрій Кістяківський. В минулому професор Принстонського і Гарвардського університетів, Ю.Кістяківський народився у Києві у 1900 р. і

помер у Кембріджі штату Массачусетс у 1982 р. Ступінь доктора з фізико-хімії здобув у Берлінському університеті у 1925 р. Його праці з молекулярної кінетики і спектроскопії та з фізики ударних хвиль принесли йому світову славу і сім почесних докторатів, а його проектування в Лос-Аламосі вибухового пристрою для критичної маси першої ядерної бомби завершилося грамотою визнання від президента США Гаррі Трумена. У 1959-1961 рр. Юрій-Джордж Кістяківський був офіційним науковим радником президента США Ейзенгауера. Юрій Кістяківський сприяв створенню у Гарвардському університеті Українського наукового інституту і по його заснуванню був його прихильником.

Лоренс Мисак є директором Центру глобальних кліматологічних досліджень при університеті Мк Гілла у Монреалі в Канаді. Він народився у 1940 р. у Саскачевані в Канаді в українській родині. Ступінь доктора з прикладної математики здобув у 1966 р. у Гарвардському університеті. Його численні праці з динаміки океанів і клімату, взаємодії між морями, льодами і повітрям та моделювання океанських течій і клімату принесли йому світову славу в геофізиці.

Борис Раєвський – професор біофізики у Франкфуртському університеті і директор (1937-1966) Інституту біофізики Макса Планка у Франкфурті-на-Майні. Народився у Чигирині на Черкащині в 1893 р., помер у 1974 р. у Франкфурті-на-Майні. Ступінь доктора з біофізики одержав у Франкфуртському університеті. Як фізик-дослідник він зробив вагомий внесок у дослідження біологічних наслідків опромінення та встановлення радіаційних стандартів охорони здоров'я. Його ім'ям названо Біофізичний інститут у Саарбюккені.

Любомир Романків – директор відділу електрохімічної технології і магнетизму в Дослідному центрі «Ті-Джей Ватсон» корпорації ІВМ в Йорктаун Гайті в штаті Нью-Йорк. Народився у Жовкві в Галичині у 1931 р. Ступінь доктора з фізичної металургії здобув у Массачусетському інституті технології. Любомир Романків має фундаментальні праці з магнітних властивостей матеріалів, тонких магнітних плівок, характеристик діелектриків та методів електронасадження. Він автор 40 патентів і лауреат академічних та індустріальних премій і відзначень.

Ігор Сікорський – всесвітньо відомий конструктор американських літаків та гелікоптерів, народився у 1889 р. у Києві. Початковий період його конструкторської діяльності проходив у Києві, аде, будучи змушеним емігрувати, здобув всесвітню славу за кордоном.

Олександр Смакула народився в с. Доброводи в Галичині в 1900 р. Ступінь доктора з оптики у 1927 р. здобув у Геттінгенському університеті в Німеччині. З 1934 по 1945 р був директором лабораторії в чільній оптичній фірмі Карла Цейса в Ієні у Німеччині. Там він зробив і запатентував винахід про те, що нанесення відповідного тонкого шару на лінзу набагато підвищує її просвітлення («шар Смакули»). На жаль, вперше «шар Смакули» був застосований у перископах німецьких підводних човнів, що надавало німецьким перископам переваги у призерку та за поганої видимості. По війні американська розвідка перевезла О.Смакулу як німецького вченого до США. У 1951 р. він став професором фізики у Массачусетському інституті

технології, де у 1964 р. заснував і очолив Лабораторію фізики кристалів. Його численні праці стосувалися центрів забарвлення в кристалах, оптичних і діелектричних властивостей твердих тіл та взаємодії радіації з ґраткою кристалів. О.Смакула – дійсний член НТШ з 1938 р. Помер у 1983 р. в штаті Массачусетс в США.

Степан Тимошенко народився у с.Шпотівці на Сумщині в 1878 р. і помер у 1972 р. в Німеччині в містечку Вупперталь-Ельберфельд. У 1901 р. він закінчив Інститут інженерів шляхів у Петербурзі. У 1903-1911 та 1917-1920 рр. С.Тимошенко був професором Київського політехнічного інституту. У листопаді 1918 р. він став співзасновником Української академії наук у Києві і в 1919-1920 рр. був директором її Інституту технічної механіки. У 1922 р. він переїхав до США, де був професором Мічиганського (1927-1936 рр.) та Стенфордського (1936-1943 рр.) університетів. Завдяки його фундаментальним працям з теорії пружності і коливань та стійкості пружних систем Степан Тимошенко вважається основоположником теорії опору матеріалів. Важко перерахувати його почесні звання та нагороди; відмітимо лише, що він був обраний в члени Академії наук США, Франції, Італії, Польщі, СРСР, Лондонського королівського (наукового) товариства. Він також був членом Української академії наук (з 1918 р.), членом НТШ (з 1923 р.), Української вільної академії наук (з 1947 р.), Товариства українських інженерів Америки (з 1953 р.).

Георгій Шарпак – уродженець міста Сарн на Рівненщині (1924 р.). Переїхавши в дитячому віці з батьками до Франції, він там здобув і вищу освіту, і ступінь доктора з фізики. З 1954 р. постійно працював в Женеві, де й відкрив та розробив новий тип детекторів ядерних частинок – багатодротинкові камери Шарпака. За це відкриття він був удостоєний Нобелівської премії з фізики 1992 року.

Михайло Яримович – віце-президент потужної американської авіакомпанії «Роквелл Ін-тернейшенел», народився у 1933 р. у Білостоку в Польщі в українській родині з Тернопільщини. Ступінь доктора з аеродинаміки отримав у 1960 р. в Колумбійському університеті в Нью-Йорку. Його праці стосуються фізики міжпланетного простору і систем космічних польотів. М. Яримович – дійсний член НТШ та Української вільної академії наук в США, а з 1992 р. обраний також членом Української академії інженерних наук та іноземним членом Академії наук України.

Роман Яцків народився у 1939 р. у містечку Люблінєць у Польщі в українській родині. Ступінь доктора з теорії поля здобув у 1966 р. в університеті Корнела в штаті Нью-Йорк. З 1969 р. він є професором теоретичної фізики в Массачусетському технологічному університеті. Його основні праці стосуються теорії частинок високих енергій, симетрії калібрувальних полів та квантової теорії тяжіння. Член Американської академії гуманітарних і точних наук.

7.4. Внесок радянських фізиків українського походження у фізичну науку

Необхідно також відмітити, що найбільше число фізиків з українськими коренями, які працюють чи працювали за межами України, знаходяться у

ближньому зарубіжжі, і перш за все в Росії. Між ними були і є такі світила, як Микола Боголюбов, засновник школи теоретичної фізики в Києві, Дмитро Іваненко, що передбачив роль нейтронів у будові ядра. Про них уже йшла мова в §6.1. Нижче ми згадаємо ще відомих вчених з цієї когорти.

Анатолій Александров народився у 1903 р. в м. Тараща на Київщині. Він найбільш відомий своїми працями в галузі ядерної фізики. Брав участь у розв'язанні найскладніших проблем створення радянської атомної техніки. Йому належать розробки щодо використання атомної енергії на флоті, зокрема Александров був науковим керівником першого в світі надводного атомохода – криголама «Ленін». Під керівництвом академіка з Таращі розроблено ряд конструкцій потужних водно-водяних реакторів. На жаль, з ім'ям А. Александрова пов'язана й чорнобильська трагедія - вибух четвертого реактора, побудованого за його конспукцією.

Герш Будкер (1918-1977 р.р.) – народився в с. Мурафі Вінницької області, довголітній директор Інституту ядерної фізики у Новосибірську. Він є творцем нового напрямку експериментальної фізики високих енергій – метода зустрічних пучків.

Леонід Верещагін (1909-1977) народився у Херсоні. Ще навчаючись, він одночасно працював в Інституті фізики Одеського університету. З 1954 р. займався проблемою фізики високих тисків у спеціально організованій ним лабораторії. З 1958 р. Верещагін очолював Інститут фізики високих тисків АН СРСР. Саме в цей період під його керівництвом уперше в світі було синтезовано алмаз (1960 р.).

Євген Завойський (1907-1976) родом з Могилева-Подільського на Вінниччині. Його основні праці присвячені проблемам атомної техніки, фізики плазми, радіоспектроскопії. Він приймав безпосередню участь в «Урановому проєкті». Запропонував і побудував першу в світі люмінесцентну камеру для вивчення ядерних процесів, розробив способи реєстрації іонізуючих випромінювань.

Петро Капиця (1894-1984) народився в Кронштадті в сім'ї полковника Леоніда Капиці, українця з Волинської області. Його предки по лінії матері – дворяни з Волині Стеблицькі. Петра Капицю весь світ знає як видатного вченого в галузі ядерної фізики, фізики й техніки надсильних магнітних полів, фізики й техніки низьких температур, електроніки високих потужностей і фізики високотемпературної плазми. За відкриття явища надплинності рідкого гелію П.Капиця у 1978 р. був нагороджений найпрестижнішою в світі Нобелівською премією.

Григорій Кисунько, уродженець Маріуполя, видатний радіофізик, є творцем в СРСР перших у світі систем протиракетної оборони, які значно випереджали американську. Він також автор теорії збудження радіохвилеводів. Крім усього, він є вірним сином України, бо ніколи не відрікався від неї.

Михайло Леонтович (1903-1981) – син видатного українського фізіолога Олександра Леонтовича. Його багатогранний талант виявив себе в різних напрямках науки – електродинаміці, фізичній оптиці, статистичній фізиці, термодинаміці, квантовій механіці, теорії коливань, акустиці, фізиці плазми, проблеми керованого термоядерного синтезу. Саме він з 1951 р.

очолював в Інституті атомної енергії в Москві теоретичні дослідження з фізики плазми і проблеми керованого термоядерного синтезу. Йому належить фундаментальна фізична ідея з основ теорії перспективного термоядерного реактора – токамака.

Володимир Линник (1889-1984) – уродженець Харкова і випускник Київського університету. Працюючи з 1926 р. в Державному оптичному інституті (Петербург), вніс великий вклад в розробку нових високоточних оптичних і оптико-електронних методів вимірювань і контролю в машинобудуванні, астрономії та оптичній промисловості.

Олександр Павловський народився в 1927 р. в Запоріжжі, в 1950 р. закінчив Харківський університет. Він є одним з основоположників нового напрямку у фізиці високих енергій – магнітної кумуляції. Саме під його керівництвом вивчено і створено потужні імпульсні джерела на основі магнітокумулятивних генераторів, пристроїв для генерування надсильних імпульсних магнітних полів.

Кирило Щолкін (1911-1968) народився в м. Білогорську Кримської області, в 1932 р. закінчив Сімферопольський педагогічний інститут. Працював в Інституті хімічної фізики АН СРСР, керував кафедрою горіння МФТІ. Наукові роботи відносяться до фізики горіння і вибуху, зокрема детонації газів. Як один з найближчих соратників І.В. Курчатова К. Щолкін вніс значний вклад в розв'язок атомної проблеми в СРСР, будучи керівником складних робіт на стику різних галузей науки і техніки, за що був тричі удостоєний звання Героя соціалістичної праці.

Приведений перелік видатних українських зарубіжних вчених, зрозуміло, не є повним. Але і ті прізвища, які згадані тут, свідчать про те, як багата українська земля талантами. І тому одним із завдань вчителів фізики української національної школи є ознайомити з цими іменами широке коло учнів для формування в них гордості за свою країну і свій народ.

7.5. Вклад українських вчених у розвиток космонавтики



Павло Попович

Час, в якому ми живемо, нерідко називають космічною епохою. За минуле ХХ століття людству вдалося зробити багато важливих відкриттів: від винайдення радіо – до освоєння космічного простору. Але вивчення космосу завжди асоціюється з великими країнами – світовими
флагманами космонавтики. Де ж знаходиться

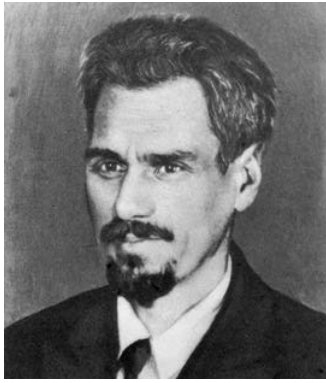


Сергій Корольов

Україна у ланцюзі країн – космічних держав?

Багато людей вважає, що Україна власних космічних досліджень не проводила, а її внесок в космічні справи лише обмежується польотами Павла Поповича та виготовленням ракет на Південмаші. Інколи згадують, що С. П. Корольов з України та ще про Ю. В. Кондратюка. Насправді все значно складніше. Україна завжди давала столицям Санкт-Петербургу та Москві не тільки плоди своїх рук, а й мозок своїх найздібніших синів. Багато з них не

втрачали зв'язків з Україною і пізніше, коли ставали видатними науковцями та фахівцями.



Юрій Кондратюк

Початок XIX ст. ознаменувався створенням університетів в Росії та Україні як найбільш розвиненій провінції. З'являються вони в Харкові, Одесі, Києві. Розпочинається бурхливий розвиток науки. Дослідники звертають увагу на практичне застосування реактивного руху. Мова поки що не йде про використання його для двигунів літальних апаратів та космічних приладів. Для потреб армії конструюються порохові ракети, дія яких базується на реактивному принципові. У війні з Туреччиною в 1828-1829 рр. було застосовано реактивні снаряди конструкції О. Д. Засядька. Порохові ракети стали прототипом порохових двигунів для ракет через сто років.



Олександр Засядько

Олександр Дмитрович Засядько народився 1779 р. в с. Лютенка Гадяцького повіту Полтавської губернії у сім'ї козака. Дід Олександра служив гармашем і, мабуть, розповідав про славне козацьке минуле, про «цурки», які могли літати в повітрі, а влучивши у ворога, вибухати. Відомо, що козаки користувалися стрілами, начиненими порохом. До речі, ще в давньому Китаї були відомі такі стріли, що діяли, як реактивні ракети. Можна припустити, що ці розповіді і надихнули згодом Олександра Засядька на створення бойової ракети. В десять років він вступив до кадетського корпусу, після закінчення якого – у чині підпоручика артилерії – був направлений до Херсонської губернії. Служив у військах О. В. Суворова. Цікавився фізикою, хімією, механікою, вивчав іноземні мови. Експериментував з вибуховими сумішами. У 1799 р. О. Д. Засядько брав участь у італійському поході Суворова. Відзначився при взятті Мантуї. Подальша служба проходила під керівництвом М. І. Кутузова. 1806 р. Засядько одержує орден св. Георгія 4-го ступеня за оборону фортеці Кастельново. За штурм Ізмаїла в турецькій кампанії у 1807 р. нагороджений орденом св. Володимира 4-го ступеня. Війну з Туреччиною закінчив у чині підполковника. Олександр Засядько стає великим спеціалістом з артилерії. У війні з Францією він командував 15-тою артилерійською бригадою. За заслуги у війні був нагороджений шпагою «За хоробрість», шістьма орденами, в тому числі орденом св. Георгія 3-го ступеня, який у російській армії в такому чині мали лише двоє чоловік. В арміях західних країн у цей час виявляється посилений інтерес до ракет, які ставали новою зброєю. Власним коштом О. Д. Засядько діставав необхідне обладнання для своїх експериментів. З 1815 р. О. Засядько розпочав свої дослідження, які після виходу у відставку закінчилися успішно. Ним було сконструювано ракети трьох калібрів: 4-, 2,5- і 2-дюймові та спеціальну установку для стріляння. Свій винахід О. Д. Засядько привіз до Петербурга. Його ракети летіли на 3100 м проти 2740 м європейських. У штабі фельдмаршала Барклая-де-Толлі полковник Засядько працював з офіцерами та фейерверкерами, яких навчав

застосовувати ракети. У 1818 р. йому було присвоєно звання генерал-майора, а згодом призначено черговим генералом 2-ї армії. Під юрисдикцією О.Д. Засядька - Артилерійське училище, Санкт-Петербурзька лабораторія, пороховий завод, Санкт-Петербурзький арсенал. Він сконструював пороховий вітряк, щоб не допускати вибухів пороху при виготовленні. У 1828 р. ракетами конструкції О. Засядька було озброєно 2-гу армію. Невдовзі ракети вже на Чорноморському флоті і Дунайській флотилії. У гвардійській роті було на озброєнні 1900 ракет. Були установки, з яких одночасно можна було запускати 36 ракет. Всього під час Турецької війни (1828-1829 рр.) було виготовлено 9745 ракет. У чині генерал-лейтенанта О. Д. Засядько повернувся з війни. А у 1834 р. оселився в Харкові. Він захопився ідеєю створення спеціального механізму для проходження кораблів через дніпровські пороги. Здійснив в 1837 р. подорож по Дніпру. 27 травня 1838 р. О. Д. Засядько помер. На сьогодні невідомо, чи була у інженера О. Д. Засядька ідея застосувати силу пороху для реактивних літальних апаратів. Але розвиваючи конструювання саме бойових ракет, вже в ХХ столітті створювали порохові ракети для польотів. Ідеї застосування пороху як елементу палива в реактивному пристрої розглядалися дослідниками космічного простору, ще починаючи з кінця ХVIII ст.



Микола Кибальчич

Говорячи про вклад українців у розвиток космічної техніки, не можна не згадати Миколу Івановича Кибальчича, народовольця, учасника замаху на царя, а ще талановитого інженера, який у 1881 р. на стінах тюремної камери розробив проект оригінального літального апарату. М. І. Кибальчич народився 19 жовтня 1853 р. в Коропі – невеликому містечку на березі Десни, що за 128 км від Чернігова, в сім'ї священика Івана Осиповича Кибальчича. Корені талановитого інженера ідуть з української землі. Мати була освіченою жінкою, добре володіла німецькою та французькою мовами. Освіту Микола Іванович розпочав з семи років, вдома. Другом родини був Д. Сичевський, батько якого товаришував з Г. Гребінкою, М. Гоголем. У 1864 р. М. Кибальчич вступив до Новгород-Сіверської гімназії. Свого часу із її стін вийшли видатний педагог К.Д. Ушинський, медик професор С. Томашевський. У гімназії Кибальчич захоплювався хімією, англійською мовою. Микола – задумливий, спокійний юнак. Закінчив гімназію у 1871 р. із срібною медаллю. В цьому ж році його було обрано завідувачем гімназійної бібліотеки. Одночасно працював репетитором та гувернером дітей місцевого поміщика. З 1871 р. М. Кибальчич навчався у Петроградському інституті шляхів сполучень, а з 1873 р. – у Хірургічній академії. З листопаду 1875 до 1878 р. перебував у в'язниці за революційну пропаганду. Весною 1881р. розпочався процес «першомартовців» – учасників замаху на царя Олександра Третього. М. І. Кибальчича арештовують як «техніка», що звинувачувався в соціально-революційній участі в замахові на царя та винайденні і виготовленні чотирьох кидальних снарядів для замаху. Прокурор назвав М. І. Кибальчича «великим спеціалістом і талановитим винахідником». Захисник

Герард звернув увагу суду на те, що підсудний у в'язниці розробив проект повітроплавального апарату. Проект літального апарату, ідея якого виникла у М. Кибальчича ще до арешту, він малював прямо на стінах камери, доки не принесли папір. Проект передав Герарду.



**Костянтин
Ціолковський**

М. І. Кибальчич першим запропонував аероплан, який переміщувався за допомогою реактивного руху. Сам Кибальчич не ставив питання про використання реактивного двигуна для космічних польотів. Закономірність руху ракети досліджувалася К. Е. Ціолковським через 15 років після смерті М. І. Кибальчича. Як учасника замаху на царя завідувача лабораторії вибухових речовин «Народної волі» було засуджено до страти разом з іншими народовольцями. Проект та ескізи М. І. Кибальчича, в яких розглянуто будову літального апарату для польоту людини, порохового двигуна, керування польотом зміною кута реактивного руху, режим горіння, забезпечення стійкості апарату та інше, знаходилися в Петроградській жандармерії до серпня 1917р., оскільки розгляд вчення вважався несвоєчасним, бо міг викликати «недоречні розмови».

У березні 1918 р. вийшла стаття професора М. Рєпіна «Про проект повітроплавального приладу системи М. І. Кибальчича», в якій визнавався пріоритет М. Кибальчича в ідеї застосування реактивного руху в повітроплаванні. В 1927 р. К. Е. Ціолковський писав: «Першими піонерами були Кибальчич, Гоневиндт, Геєрт, Клиньський, Ціолковський та інші...», поставивши, таким чином, М.І.Кибальчича на перше місце серед піонерів реактивного повітроплавання.



Яків Перельман

В 1931 р. статтю про проект Кибальчича опублікував Я. І. Перельман – автор «Міжпланетних сполучень». Ім'ям М. І. Кибальчича названо кратер на Місяці.

Серед піонерів-дослідників космічного простору тривалий час не згадувалося ім'я сина української землі, талановитого дослідника і інженера, генія під чужим ім'ям – Олександра Гнатовича Шаргея (Ю.В.Кондратюка). Він народився в Полтаві у 1897 р. Навчався у другій Полтавській гімназії, де виявив здібності у фізико-математичних науках. У 1916 р. вступив до Петроградського політехнічного інституту, в якому провчився один неповний рік – розпочалася перша світова війна. Після школи прапорщиків був відправлений на фронт. У цей період посилено працює над рукописом «Тим, хто буде читати, щоб будувати», де впорядковує свої ідеї про реактивний рух, проблеми використання реактивних приладів для космічних польотів, що окреслилися ще під час його навчання в гімназії. В революцію демобілізувався і повернувся до Полтави, а потім поїхав до Києва, щоб продовжити навчання. У 1919 р. був мобілізований до «білої» армії, з якої вибрався через місяць. У 1921 р. приїздив до Малої Виски (тепер Кіровоградської обл.), де з огляду на своє перебування у «білій» армії (що

видається найбільш ймовірним) змінює прізвище та ім'я і стає Юрієм Кіндратюком. У Малій Висці, працюючи кочегаром, закінчив роботу «Завоювання міжпланетних просторів», яку видав власним коштом у 1929 р. у Новосибірську. У 1925 р. приїхав до Сибіру, де почав працювати інженером. На початку 1930-х рр. – ув'язнення за звинуваченням у шкідництві і звільнення за відсутністю достатньої кількості кваліфікованих інженерів. А далі – сповнені наполегливої роботи та неспокою роки, життя під тягарем чужого імені. В середині 1930-х рр. Ю. Кондратюк приїздив до Москви, зустрічався з редактором своєї роботи професором В. П. Ветчинкіним, з академіком Михайлом Кравчуком, який високо оцінив математичний талант дослідника. Видатний конструктор ракет С. П. Корольов пропонував Ю. Кондратюку співпрацю у своєму конструкторському бюро. Але той відмовився з огляду на свою таємницю. Він продовжував роботу над проектом перших потужних вітроелектростанцій в Криму. В 1938 р. Кондратюк передав свої праці на зберігання досліднику творчості К. Е. Ціолковського Воробйову. Коли розпочалася Велика Вітчизняна війна, Ю. Кондратюк пішов добровольцем на фронт. Загинув видатний дослідник у лютому 1942 р. на Кривцівському плацдармі.

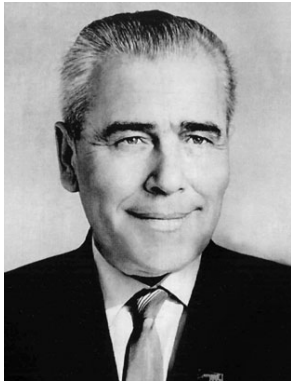
Праці Ю. Кондратюка (О.Г. Шаргея) у 1946 р. було перевидано видавництвом «Оборонгиз», що свідчить про їх важливість для науки. О. Г. Шаргей незалежно від К. Е. Ціолковського іншими методами вивів основне рівняння руху ракети. Сконструював реактивний двигун, розробив типи палива для реактивного двигуна, запропонував використання гіроскопів для орієнтації космічного апарату, змодельовав позаземні станції та їх обслуговування. Висунув ідею польоту до тіл Сонячної системи за допомогою спеціальної схеми, яку пізніше назвуть «зоряною трасою Кондратюка». Саме за цією схемою було здійснено програму «Аполлон», яку розробили американські вчені і яка завершилася виходом людини на поверхню Місяця. Американські конструктори визнали той факт, що вони користувалися ідеями інженера Ю. Кондратюка. Після цієї події 1969 р. ім'я дослідника з'явилося в книжках та енциклопедіях. Але його справжнє ім'я, його походження вдалося встановити лише в кінці 1980-х рр. Ім'ям нашого видатного співвітчизника названо кратер на поверхні Місяця та одну з малих планет Сонячної системи.



*Дмитро
Чижевський*

Не можна не згадати Дмитра Івановича Чижевського, який займався дослідженням впливу процесів, що відбуваються на Сонці, на Землю, на людей, на суспільство. Д. І. Чижевський в 19 років захистив докторську дисертацію. Його теорія активного Сонця і зараз може справно послугувати нам, якщо ретельно дослідити цю проблему. До речі, такі дослідження зараз проводяться. Це і дослідження біоритмів людини, а значить прогнозування стану здоров'я, і прогнозування природних явищ, погоди, а отже передбачення врожаїв. Не менш важливе значення має дослідження впливу Сонця на ситуацію в суспільстві,

соціальні процеси. Цими проблемами займався наш співвітчизник. Але досить тривалий час до цього не зверталися, хоча дослідження вданій галузі надзвичайно корисні.



Михайло Янгель

Важливий вклад в ракетобудування вніс Михайло Кузьмич Янгель – видатний конструктор ракетної техніки, людина, ім'я якої увійшло в історію світової космонавтики. З Україною М. К. Янгеля пов'язують міцні зв'язки.

Прізвище Янгель походить від «янга» – ківш, залізний черпак, у якому козаки варили собі їжу. Запорізькі козаки прозивали кошових «янгалами». Саме прізвище Янгаль носив дід Михайла Кузьмича. Сім'я Янгалів жила на Чернігівщині. За те, що дід, кріпак, кинувся на поміщика із серпом, вислали сім'ю до Східного Сибіру. Янгали стали сибіряками. А згодом і прізвище змінилося – стали Янгелами. Тут, у селі Зирянова Нижньоілімського району Іркутської області 25 жовтня 1911 р. народився Михайло Кузьмич Янгель. У селі закінчив 3-річну школу, потім семирічку в Нижньо-Ілімську. Трудову діяльність М. К. Янгель розпочав робітником на текстильній фабриці ім.



*Микола
Полікарпов*

Червоної Армії та Флоту в м. Червоноармійську під Москвою. В 1931 р. Михайлу Янгелю дали путівку для вступу до Московського авіаційного інституту. Свій дипломний проект одномісний швидкісний винищувач – готував під керівництвом відомого авіаконструктора М. М. Полікарпова. Конструктор закріпив за ним студента і запропонував роботу в себе.

Більше десяти років М. Янгель працював під керівництвом М. М. Полікарпова. У 1938 р. М. К. Янгель їде до США у складі представництва для ознайомлення з кращими авіаційними зразками. Повернувшись додому, брав участь в освоєнні літака І-180.

Коли розпочалася Велика Вітчизняна війна, М. К. Янгель працював на авіаційному заводі в Москві. Після евакуації заводу знову повернувся до Москви. Після навчання співпрацював з С. П. Корольовим. Це був початок бурхливого розвитку космонавтики. Хоча взаємини двох видатних конструкторів склалися нелегко, робота була плідною. У 1954р. М. Янгель вирушив у відрядження, яке затягнулося на 17 років. Його було призначено головним конструктором одного з провідних КБ на Південмаші. Науковий потенціал, організаторські здібності дозволили М. К. Янгелю перетворити очолюване ним КБ в колыску сміливих ідей, що втілювалися на практиці. В 1960 р. за великий внесок у розвиток науки М.К. Янгелю було присвоєно вчену ступінь доктора технічних наук. У 1962 р. його обрано академіком АН УРСР, 1966 р. – дійсним членом АН СРСР. Під керівництвом М. Янгеля розроблялися нові ракетно-космічні системи. Шлях від простого робітника до академіка, нелегкий, сповнений величезних зусиль, напруженої роботи, М. Янгель пройшов впевненою дорогою. Михайло Кузьмич помер 25 жовтня 1971 р. Ім'я М. К. Янгеля носять вулиці, пароплав, пік на

Памірі. Його ідеї, задуми втілюють в життя численні учні та послідовники видатного вченого.



Валентин Глушко

Велику справу – здійснення мрії людини про політ у космос – робила не одна людина чи КБ. Разом з видатними конструкторами С. П. Корольовим та М. К. Янгелем працював Валентин Петрович Глушко, який народився 2 вересня 1908 р. в Одесі в сім'ї службовця. Школярем зацікавився астрономією, ставши в 14 років старостою астрономічного гуртка. Цікавився літературою з хімії вибухових речовин. Почав вивчати праці К. Е. Ціолковського з міжпланетних сполучень. Не знайшовши всіх книг К. Ціолковського в магазинах та бібліотеках, написав йому листа, започаткувавши листування. Отримавши від видатного дослідника навколоземного простору листа та бандероль з книгами, Валентин зайнявся опрацюванням робіт вченого. В журналах з'явилися наукові статті 18-річного юнака. В 1924 р. Глушко закінчив одеську профтехшколу. В ці роки В. Глушко займався в Одеській консерваторії. Потім він вступив на фізико-математичний факультет Ленінградського університету. У квітні 1929 р. Валентин Глушко, будучи студентом випускного курсу, послав на експертизу до відділу військових винаходів проект незвичайного двигуна. Його робота викликала великий інтерес. З дозволу А. Ф. Йоффе керівник Газодинамічної лабораторії (ГДЛ) М. І. Тихомиров запропонував молодому конструктору роботу. Протягом 1929 -1930-х рр. у лабораторії В. Глушка експериментальне підтвердили працездатність імпульсного термічного ракетного двигуна, в якому робочим тілом були металеві дротинки або електропровідні рідини (ртуть, водні розчини солей). Вивчали структуру газів електровибухів, їх термічну та механічну дію на стінки камери. В 1930-1931 рр. В. П. Глушко розробив перші рідинні ракетні двигуни; ОРМ мав тягу 6 кг, а ОРМ-1 – 20 кг. Професор В. П. Ветчинкін (редактор праці Ю. В. Кондратюка «Завоювання міжпланетних просторів») у 1932 р. був присутнім на стендових випробуваннях дослідного двигуна під номером дев'ять. Він високо оцінив роботу ГДЛ, особливо інженера В. Глушка. Восени 1931 р. було створено групу вивчення реактивного руху (ГВРР). У 1932 р. було вирішено об'єднати ГДЛ та ГВРР. А в кінці 1933 р. створено перший Реактивний науково-дослідний інститут (РНДІ). В 1936 р. двигун В. П. Глушка було встановлено на планері С. П. Корольова СК-9. Це був ракетоплан РП-318. В 1937 р. В.П.Глушка було репресовано. До 1944 р. він відбував ув'язнення в ОКБ НКВС. З омського ОКБ НКВС до Казані, де працював тоді В. П. Глушко, було переведено С. П. Корольова, який теж відбував незаслужене ув'язнення, працюючи у А. Н. Туполева. В 1943 р. літак Пе-2 (конструктора Петлякова) був оснащений реактивною установкою. Двигун працював тільки 2 хв., але приріст швидкості склав 92 км. В 1944 р. було звільнено багатьох співробітників ОКБ НКВС. Серед них були В.П.Глушко та С.П. Корольов. В 1945-1946 рр. В.П.Глушко з групою спеціалістів відвідав Німеччину, Чехословаччину та Австрію. В м. Куксхафене демонструвався запуск ракети «Фауст-2».

Восени 1947 р. відбулися перші запуски керованої балістичної ракети дальньої дії (БРДД-1). Головними конструкторами ракети та двигунів були С. П. Корольов та В. П. Глушко. Сорокап'ятирічного конструктора в 1953 р. обрали членом-кореспондентом Академії наук СРСР. У 1957 р. В. П. Глушко та С. П. Корольов – члени Державної комісії по організації запуску першого штучного супутника Землі. У лютому 1958 р. академіку було присуджено золоту медаль із зображенням К.Е. Ціолковського «За видатні роботи в області міжпланетних сполучень». У середині 1974 р. на базі ОКБ В. П. Мішина, наступника С. П. Корольова, ОКБ В. П. Глушка та інших наукових і виробничих організацій було створено науково-виробниче об'єднання (НВО) «Енергія». Керівником і Генеральним конструктором став Валентин Петрович Глушко. В НВО «Енергія» здійснено проекти «Союз» – «Аполлон», виведено на орбіту станції «Салют» другого покоління, пілотований корабель «Союз-ТМ», безпілотний «Прогрес». Найбільшим досягненням НВО «Енергія» стало створення ракети-носія «Енергія» та корабля багаторазового використання «Буран». Народження цієї нової ракетно-космічної системи пов'язане з ім'ям її Генерального конструктора В. П. Глушка, його заступників – Головних конструкторів ракети-носія «Енергія» В. І. Губанова, корабля – Ю. П. Семенова, багатьох вчених та конструкторів. «Енергія» стартувала 15 травня 1987 р. Виведено на орбіту станцію «Мир» – станцію третього покоління. Другий старт ракетно-космічної системи «Енергія» – «Буран» був призначений на 29 жовтня, а третій відбувся 15 листопада 1988р. За цим стартом В. П. Глушко стежив біля екрана телевізора, будучи хворим. А напередодні 1989 р. його не стало. Видатний конструктор, академік, він віддав справі освоєння космосу майже 60 років творчої, наполегливої праці.

Із ім'ям кожного ученого в галузі космонавтики так чи інакше пов'язане ім'я людини, яка асоціюється із запусками перших ракет, перших кроків в освоєнні космосу. Це видатний конструктор, академік Сергій Павлович Корольов. Геніальний вчений, інженер народився в м. Житомирі 30 грудня 1906 р. Батько, Павло Якович, був викладачем 1-ї Житомирської гімназії. В 16 років Сергій Корольов вступив до льотної спілки. В 1923 р. С. П. Корольов сконструював свій перший планер, який авіаційно-технічний відділ ОВАУК визнав придатним для побудови. З 1922 по 1924 р. Корольов навчався в одеській профшколі. По закінченні вступив до Київського політехнічного інституту. В 1925 р. став членом авіаційної науково-технічної спілки. Був під пильною увагою В. Ф. Боброва, академіка Д. О. Граве, професора Н. Б. Делоне. У 1926 р. перевівся до Московського вищого технічного училища, яке закінчив у 1929 р. Тоді ж взяв участь у побудові планера «Коктебель».

В 1930 р. побудував легко-двигунний літак «СК-4». В 1932 р. С. П. Корольов став керівником ГВРР та головою технічної ради. В 1933 р. Корольов керував випробовуваннями перших рідинних ракет «09» (конструкції М.К. Тихонравова) та «ГИРД-Х» (конструкції Ф.А. Цандера). А в 1934 р. випробовує свою ракету «06/1». У 1936 р. створив конструкцію ракетоплана «318-1». 27 червня 1938 р. С. П. Корольова заарештували і засудили до 10 років ув'язнення, він опинився в районі мису Нагаєва. В 1940 р. він розпочав роботу в КБ при НКВС у групі репресованих авіаційних спеціалістів на чолі з Туполєвим. В 1941 р. був призначений заступником

цеху авіазаводу, евакуйованого до Омську. В 1942 р. відізваний до Казані в ОКБ двигунобудівного заводу. Розробляв конструкцію ракетного прискорювача (РП) для бойових літаків. В 1943 р. випробовував РП на літакові «Пе-2». Звільнений з ув'язнення в 1944 р. В 1946 р. С.П.Корольов став Головним конструктором балістичних ракет дальньої дії. А в 1947 р. – членом-кореспондентом Академії артилерійських наук. 18 жовтня цього ж року відбувся перший старт балістичної ракети. В 1954 р. він вніс пропозицію щодо створення та запуску штучного супутника Землі, а через три роки, в 1957 р., керував запуском першого штучного супутника. Академіком Академії наук СРСР С. П. Корольова було обрано в 1958 р. В 1959 р. учений працює над автоматичними станціями «Луна-1». Величезним успіхом та результатом багаторічної напруженої роботи став запуск космічного корабля з людиною на борту, і С. П.Корольов – технічний керівник грандіозного проекту. Освоєння космосу продовжувалось: вихід до відкритого космосу, тривалі групові польоти, численні експерименти на борту та за межами космічних кораблів, автоматичні міжпланетні станції «Луна-5» – «Луна-9», «Венера-2», «Венера-3». За цими значними подіями у космонавтиці - постать Генерального конструктора.

Великий вчений та конструктор, С. П. Корольов організовував Зоряне містечко. Наполегливо працював із загonom космонавтів, очолював КБ, збирав матеріал для детальної наукової біографії К. Е. Ціолковського, готував 4-томне видання праць з космічних досліджень. Думка, якій, здавалося, не було перепони, обірвалася 14 січня 1966 р. Та продовжилась дорога в космос. Дорога, вимріяна та виплекана видатними дослідниками, відкрита генієм Сергія Павловича Корольова.

Ми згадали про кількох славних синів України, але серед тих, хто готував, здійснював і перший космічний політ, і подальші – тисячі наших співвітчизників.

Не можна обійти також і імена космонавтів-українців. Першим з українців у космосі побував Павло Романович Попович на космічному кораблі «Восток-4» 12-15 серпня 1962 року. Його позивний був «Беркут». Під



Леонід Каденюк

час цього польоту вперше в світі одночасно на навколоземній орбіті перебувало два космічних кораблі: окрім «Востоку-4», ще космічний корабель «Восток-3», пілотований Андріаном Ніколаєвим.



Юрій Гагарін

Першим космонавтом незалежної України став Леонід Костянтинівич Каденюк.

Л.К. Каденюк народився 28 січня 1951 року в селі Клішківці Хотинського району Чернівецької області. Після закінчення Чернігівського вищого авіаційного училища працював пілотом-інструктором, випробувачем реактивних повітряних винищувачів. У 1976 р. був відібраний до групи космонавтів при Центрі підготовки космонавтів імені Ю. Гагаріна.

Пройшов загальну космічну підготовку і курс навчання в Державному науково-дослідному командному інституті Військово-повітряних сил Радянського Союзу. Як космонавт-дослідник оволодів програмами виконання наукових досліджень і експериментів з біології, екології, медицини, метеорології, космічної геології, геоботаніки.

У 1978-1983 роках Леонід Костянтинович служив космонавтом-випробувачем і пілотом-космонавтом у Групі космічних систем багаторазового використання в Центрі підготовки космонавтів імені Ю.Гагаріна, який включав тренування з технік виживання, роботи в умовах відкритого космосу та імітації невагомості. Брав участь у експериментальних дослідженнях і випробуваннях космічної техніки для транспортної системи багаторазового використання «Буран». У 1984-1988 роках працював пілотом-випробувачем у Державному льотно-випробувальному центрі Військово-повітряних сил. Він здійснив низку польотів у рамках програми Державних випробувань на літаках СУ-27, СУ-27УБ і МІГ-25, здобув звання льотчика першого класу, брав участь у льотних випробуваннях літаків МІГ-23, МІГ-27, МІГ-31 та у випробуваннях режимів зниження і посадки космічного корабля «Буран» на літаках МІГ-31 і МІГ-25.

1990 року, відповідно до українсько-російської угоди про спільну космічну програму, Л. Каденюк був призначений командиром українського космічного екіпажу, пройшов навчання за програмою польотів на кораблях типу «Союз» і «Буран». 1996 року він працював в Інституті ботаніки Національної академії наук України, брав участь у розробці спільного українсько-американського експерименту з космічної біології. Після проходження курсу підготовки у Космічному центрі імені Джонсона у листопаді-грудні 1997 року здійснив космічний політ на борту корабля «Колумбія» (місія «STS-87») як основний спеціаліст-дослідник.

Герой України Леонід Костянтинович Каденюк вписав славу сторінку в історію української космонавтики.



Юрій Маленченко

Та й нещодавно наш земляк Ю. Маленченко, який родом із Світловодська Кіровоградської області, здійснив політ у складі екіпажу з трьох чоловік російського пілотованого космічного корабля. В Україні знаходяться конструкторські бюро, підприємства по виготовленню ракет-носіїв. Україна має необхідний науковий потенціал, щоб бути справді космічною державою. Кого вважати українським вченим? Того, хто народився і виховувався в Україні, але з різних причин працював за її межами, чи того, хто жив і працював на нашій землі? Наша робота – це не спроба «відшукування» українських вчених, перевищування «табличок». Це спроба дослідження підвалин вітчизняної науки, вивчення творчого життя відомих і маловідомих, але від того не менш видатних вчених та дослідників. Життя яскравого та гідного наслідування підростаючим поколінням. З початку століття в Україні започаткувалися і далі розвивалися потужні фізичні школи, які дали вчених із світовими іменами. Наша українська земля щедра на талановитих, геніальних людей.

Вітчизняна наука ніколи не буде знаходитися на околицях світової науки. Маємо чудові традиції наукової інтелігенції, що дуже важливо для становлення та самоусвідомлення інтелектуального потенціалу України.

Розповідаючи про космічні здобутки України, не можна обійти увагою її участь у міжнародній програмі «Морський старт».

Компанія «Морський старт» була створена у 1995 р. До неї входять: НВО «Південне» (Україна), РКК «Енергія» (Росія), компанія «Боїнг» (США), компанія «Кваернер» (Норвегія).

Ролі партнерів розподілені так: НВО «Південне» відповідає за розробку ракети «Зеніт-2»; РКК «Енергія» – за розробку четвертого ступеня, або, як його називають, прискорюючого блока, «Блок-ДМ»; норвезька компанія «Кваернер», яка вже тривалий час займається розробкою і виробництвом морських нафтових платформ, відповідає за створення пускової платформи; компанія «Боїнг» забезпечує інвестиції й відповідає за фінансову політику спільного підприємства.

Пускова платформа «Одісей» без навантаження має водотоннажність 31 тис. тонн, у напівзатопленому стані за повного навантаження – 46 тис. тонн. Платформа може самостійно рухатися, має ангар для транспортування, збирання і заправки ракети, а також баки для ракетного палива.

Говорячи про перспективи України в освоєнні космосу, необхідно зазначити, що у 2002 році за пропозицією Національного космічного агентства України Кабінет Міністрів затвердив третю Національну космічну програму. Третя космічна п'ятирічка для нашої держави, як третій ступінь ракетносія, набуває надзвичайної ваги. За прогнозами розробників програми НКАУ та Національної академії наук, ця програма має стати дороговказом для розвитку космічної галузі держави до 2007 року та забезпечуватиме впровадження високих космічних технологій в усі галузі народного господарства.

За словами генерального директора НКАУ Олександра Негоди, космічна галузь України стала однією з ключових галузей національної економіки. Вона забезпечує розроблення й виробництво конкурентоспроможної продукції космічного призначення. На пальцях однієї руки можна перерахувати країни, які опанували космічні технології. Україна впевнено утримується серед країн-лідерів, які здатні розробляти та виготовляти потужні ракетносії та сателіти різноманітного призначення.

П'ять ракетних комплексів українського виробництва експлуатують нині на космодромах різних країн. За 10 років нашими «Зенітами», «Циклонами» та «Дніпром» здійснено 65 успішних пусків, виведено на орбіту 123 космічні апарати, з них 9 – власне українського виробництва.

Сьогодні до космічної галузі України входить 30 промислових підприємств, КБ та НДІ, з яких 9 акціонерних товариств. Космічний комплекс держави розвивався динамічно. Останнім часом щорічний приріст обсягів виробництва становив 10-15 відсотків. За роки незалежності відроджено космічну науку. Так, десять новітніх технологій уже здобули міжнародне визнання. Київ підписав 30 міжнародних угод щодо співпраці на космічній ниві, в цьому почесному списку фігурують такі космічні монстри, як Росія, США, Китай тощо. Нині на конвеєрі 35 видів продукції космічного

призначення та 165 видів машин та товарів виготовляється із застосуванням високих космічних технологій у різноманітних галузях – від атомної енергетики до сільського господарства. Інноваційні розробки космічної галузі мають забезпечити технологічний прорив України на світові ринки.

Це поки що далекоглядні плани. Чи набудуть вони реальних обрисів? Час покаже. Поки що космічна галузь все більше сподівається на владні сили. Лише десята частка фінансових потреб НКАУ задовольняється за рахунок бюджетних коштів. Зокрема, 55 відсотків надходжень підприємств цієї галузі забезпечують експортні. Відповідно до Національної космічної програми, за п'ять років експорт підприємств НКАУ зросте в півтора рази. Нині в портфелі підприємств космічної галузі – понад 50 комерційних проектів щодо використання наших «Зенітів», «Циклонів» та «Дніпра» для запуску космічних апаратів. Американська приватна фірма зацікавилася можливостями українського «Дніпра» (колишня «Сатана») для запуску апаратів на Місяць. Уже цього року ця програма може здійснитись. За попередніми підрахунками, 500 кг корисного вантажу нашій «Сатані» закинути на Місяць під силу.

П'ять років українські конструктори разом із росіянами адаптують потужну бойову ракету СС-18 до цивільних потреб. Уже відбулося два успішних пуски. Так що не за горами старт на Місяць. В арсеналах Росії майже півтори сотні ракет СС-18, місцем народження яких є український «ракетоград» Дніпропетровськ, їх планується переобладнати для запуску мікросупутників, які скоро домінуватимуть на світовому ринку.

Україна також активно працює над створенням сателітів зв'язку. Це надзвичайно перспективний та прибутковий ринок космічних послуг. Система «Либідь» – наше вагоме слово щодо створення космічних систем телекомунікацій. Космос допоможе довести систему зв'язку в Україні до світових стандартів, сприятиме поширенню Інтернету в країні тощо. Півроку НКАУ на 57 країн світу транслювало передачі УТ-1. Поки це експеримент. Будуть сателіти – це стане реальністю для всіх телекомпаній держави. Тим більше, що така інформінтервенція дуже сподобалася нашим співвітчизникам, землякам, які знаходяться за кордоном.

Взагалі, ми повинні пам'ятати, що ми – космічна держава, що в нас є потужна промисловість, здатна випускати одні з найкращих ракетноносіїв «Зеніт», які здатні виводити на навколоземну орбіту вантажі масою до 100 т. На навколоземній орбіті працюють три наші супутники. Деякі західні країни уклали з нами угоди про запуск їхніх супутників за допомогою наших ракет. Серед них такі країни, як Франція, США, Японія, Китай, Австралія.

Розділ 8. Історизм у змісті шкільного курсу фізики

8.1. Роль історизму у навчанні фізики

Учителі звертаються до історії фізики, коли хочуть «оживити» урок, зробити його цікавим. Однак часом «цікавість» історії фізики бачать в історичних курйозах і легендах, у забавних і цікавих повідомленнях про окремих вчених і зовні ефектних історичних епізодах. І дійсно, включення в урок такого роду повідомлень може бути і корисним. Учні, наприклад, з цікавістю слухають відому легенду про архімедову «Еврику!» або про те, яку роль у народженні класичної механіки зіграло яблуко, що упало в саду Ньютона. Однак такого роду інформація «б'є на зовнішній ефект» і, як будь-які сенсації, здатна викликати лише короткотривалий інтерес. Щоб розбудити стійкий інтерес у школярів до фізики як науки, треба розкривати еволюцію фізичних ідей, причини, що спонукали прийняти ту або іншу ідею, механізм наукового пошуку, атмосферу творчого процесу. Це варто робити не від випадку до випадку, а по можливості систематично, не з академічною вимогливістю, а з особистою захопленістю. Адже цікавого самого по собі не буває, можна розповісти і про роботи Марії і П'єра Кюрі, і про революцію у фізиці на рубежі XIX–XX ст., і про створення теорії відносності, так, що розповідь буде давати їжу розуму, а не серцю. Тут дуже важлива, звичайно, форма викладу. А в змісті історичних повідомлень головна увага повинна бути звернена не стільки на те, хто, що, коли відкрив, скільки на те, чому і як виникла у вченого та або інша ідея, який хід його думки при обґрунтуванні ідеї, який його метод дослідження. Не випадково Д.К. Максвелл говорив: «Наука нас захоплює лише тоді, коли, зацікавившись життям великих дослідників, ми починаємо стежити за історією розвитку їх відкриттів». Отже, розповідаючи, наприклад, про створення теорії відносності, потрібно було б не просто повідомити про ті вихідні постулати, що були покладені в її основу Ейнштейном, а й пояснити, чому Ейнштейн вірив в універсальність принципу відносності, чому Лоренц і Пуанкаре не побачили в нових перетвореннях координат і часу вираження реальних властивостей простору і часу, а Ейнштейн побачив це, тобто показати учням, як відбився світогляд Ейнштейна на висуванні тих ідей, що склали зміст теорії відносності.

Розповідаючи про народження нових ідей і їхню еволюцію, не слід зневажати деталями, деякими «дріб'язками», цікавими епізодами. Вони можуть оживити розповідь, але стійкий інтерес народжують не вони, а сам процес пошуку істини з його внутрішньою логікою, з його неминучими зигзагами і навіть поворотами назад і з неминучим знаходженням істини.

Таким чином, *історизм у викладанні фізики – один з важливих засобів розвитку в школярів інтересу до науки*: і в цьому насамперед полягає його роль. А те, до чого пробуджений інтерес, засвоюється завжди краще, ніж те, що вивчається лише в силу зовнішніх спонукань, тому історизм сприяє і кращому розумінню фізики. Однак справа не тільки в цьому. Знайомство з історією науки не тільки показує, як треба мислити, щоб зрозуміти природу, але і застерігає нас від невірних представлень. Зіставляючи погляди

Аристотеля і Галілея, ми застерігаємо учнів від можливих помилкових представлень про те, що важкі тіла падають швидше, що причина руху – сила. Говорячи про існування і катастрофу концепцій теплороду, ефіру, ми запобігаємо в школярів подібного роду ілюзії. Говорячи про помилковість концепції «енергетизму», ми застерігаємо учнів від представлення про енергію в душі субстанції. А все це забезпечує більш правильне розуміння явищ природи. Розповідаючи про розвиток уявлень про природу світла, ми узагальнюємо і систематизуємо знання учнів і тим самим робимо їх більш глибокими, усвідомленими і міцними.

Отже, *історизм у викладанні фізики сприяє підвищенню якості знань учнів*. Така його друга найважливіша функція.

Але глибоке засвоєння наукових знань лежить в основі формування наукового світогляду, і історизм тим самим – один із засобів створення його. Формування наукового світорозуміння – складний процес, що складається з ряду компонентів, і деякі з них здійснюються винятково на основі історизму.

Дійсно, світогляд містить у собі наукове розуміння процесу пізнання світу. Історичні огляди, у яких розкривається еволюція ідей, дозволяють показати, що наукові знання – це не застигли догми, що наукові знання безупинно розвиваються. У ході процесу пізнання ми одержуємо достовірну інформацію про світ, тобто осягаємо об'єктивну істину. Але кожне наукове твердження справедливе лише у визначених умовах і є неповним і неточним знанням про світ, тобто є відносною істиною, в яку входять, як правило, елементи абсолютної істини. Показуючи еволюцію фізики, ми розкриваємо роль практики (виробництво і науковий експеримент) як джерела знань і критерію істини, а поступове усе більш глибоке і повне розуміння законів природи, з яким нас знайомить історія, означає пізнання світу і всесильність людського розуму. Тим самим історія фізики дозволяє розкрити перед учнями загальні закономірності і принципи наукового пізнання.

Знайомлячи школярів з історією науки, ми показуємо, як створюються фізичні теорії, яка роль гіпотез у розвитку фізики, у чому особливості наукового експерименту і т.д. На матеріалі історії фізики ми даємо школярам уявлення про методи фізичного дослідження, що у край важливо для формування світогляду.

Нарешті, світогляд містить у собі не тільки знання, але і переконання. Знання ж стають переконаннями, коли вони самотійно осмислені, а не узяті на віру в готовому виді, коли вони – плід напруженої роботи думки. У цьому випадку мислення вже не є напівінтуїтивним і поверхневим, а відрізняється якостями, які властиві науковому діалектичному стилеві збагнення дійсності. І саме матеріали історії науки дозволяють хоч у деякій мірі сформувати окремі елементи наукового мислення, такі, наприклад, як повага до фактів, здоровий скептицизм, різносторонність розгляду явища, уміння засумніватися в «очевидному» і т.д.

Таким чином, *історизм є одним із засобів формування наукового світогляду учнів у процесі викладання фізики*; така його третя функція.

Нарешті, ознайомлення школярів з життям, діяльністю і поглядами видатних учених як вітчизняних, так і зарубіжних, дозволяє поставити на

уроці ряд найважливіших етичних і політичних проблем: добра і зла, гуманізму і сенсу життя, патріотизму і національної гордості, соціальної відповідальності вчених і т.п. Звичайно, біографічні дані не зв'язані внутрішньою логікою з чисто фізичним матеріалом навчальної програми. Але з огляду на те, що навчання повинно виховувати, а біографії вчених дають матеріал величезної виховної цінності, варто вважати за необхідне ознайомлення школярів з науковою діяльністю, поглядами, духовним світом видатних представників фізичної науки. Адже серед кінцевих результатів навчання в школі є явні – це знання, уміння (по них найчастіше і судять про успішність роботи вчителя і їх переважно і виявляють) – і є неявні, які кількісно не виражаються в балах і інших вимірниках, – це погляди на життя, на своє місце в ньому, етичні переконання, риси характеру, інтереси. І ці неявні результати впливу на учня не можуть вважатися другорядними. Тому не можна залишати без уваги і засоби для досягнення цих результатів у процесі навчання, зокрема такий засіб, як розповіді про кращих людей науки.

Таким чином, *історія науки є один із засобів морального і суспільно-політичного виховання учнів*. Така четверта функція історизму.

Є і ще одна важлива функція історизму, що має пряме відношення до викладання фізики. Суть її в самому загальному вигляді добре сформульована Луї де Бройлем: «Історія науки може дати нам корисні вказівки про метод викладання науки». Як показує досвід викладання, учні досить часто допускають такі помилки в розумінні найважливіших фізичних понять і ідей, що аналогічні обманам, які мали місце в історичному процесі формування цих понять і ідей (згадаємо уявлення про силу як причину руху, уявлення про енергію як про вид матерії, абсолютизацію однієї якої-небудь системи відліку, найчастіше тієї, що зв'язана з Землею, і т. п.). І це цілком пояснюється, тому що логічне (навчальне пізнання) і історичне (суспільно-історичне пізнання) знаходяться в єдності і мають спільність у тому, що в пізнанні будь-якого об'єкта є щось об'єктивно складне, важке як для зрілого розуму вченого, так і для розуму школяра, що тільки ще формується. Звідси випливає можливість деякого прогнозування ускладнень, що виникають в учнів у процесі вивчення ними ряду фізичних понять і ідей. Знаючи, на чому конкретно «спіткнулися» фізики в трактуванні тих або інших понять і ідей, можна побудувати методику викладання так, щоб на тому ж самому не «спіткнулися» учні, тобто можна скорегувати навчальне пізнання в порівнянні з історичним. Таким чином, сутність історичного підходу до вирішення проблем викладання полягає в тому, що при розробці методики вивчення фізичних понять і ідей необхідно:

1) виявити, які помилки були в історичному процесі формування цих понять і ідей;

2) виявити конкретні причини цих оман в історичному процесі розвитку фізики (тобто встановити, у чому виявилась недіалектичність мислення, що явно перебільшувалось, розумілося односторонньо, ігнорувалося, незнання яких питань створювало труднощі пізнання і т.д.);

3) побудувати методику викладання цих питань так, щоб у їхньому трактуванні були усунуті причини, які могли б викликати оману в учнів,

(тобто усунути ту недіалектичність, однобічність, неповноту знань з даного питання, що може породити оману).

Застосування в методиці фізики принципу історизму як методу дослідження дозволяє побудувати таку методику викладання найважливіших фізичних понять і ідей, при якій будуть запобігатися можливості виникнення в учнів омани, і помилкових уявлень, аналогічних тим, що були в історії науки.

Звертання до історії науки може бути корисним для вирішення педагогічних проблем і ще в одному відношенні. Багато вчених-фізиків, займаючись вивченням природи, думали і над тим, як зробити наукові знання надбанням людей, суспільства. При цьому вони зіштовхувалися з педагогічними проблемами і так чи інакше їх вирішували. Звернення до педагогічної спадщини ряду найбільших фізиків може дати багато корисного кожному викладачеві фізики. Загальновідомі думки А. Ф. Йоффе про перспективи реформи фізичної освіти в середній школі. Украй повчальні висловлювання Луї де Бройля з педагогічних проблем. Дослідження показують, що мудрим педагогом, що тонко розуміє багато аспектів педагогічної діяльності, був і А. Ейнштейн. Його думки і понині виглядають свіжими й актуальними та запрошують до роздумів про педагогічні проблеми. Щоб не бути голослівними, приведемо лише деякі з висловлювань Ейнштейна про педагогічні проблеми, тим більше що вони мало відомі.

Про цілі освіти: «У першу чергу школа повинна створювати не майбутніх чиновників, учених, адвокатів і авторів книг, а дійсних живих людей».

Про експеримент: «Красивий експеримент сам по собі часто набагато цінніше, ніж двадцять формул, добутих у реторті відволікаючої думки...; дітей годують визначеннями, замість того щоб показати їм що-небудь зрозуміле».

Про роль історизму в навчанні: «Зміст науки можна осягати й аналізувати, не вдаючись у розгляд індивідуального розвитку її творців. Але при такому односторонньо об'єктивному викладі окремі кроки іноді можуть здаватися випадковими успіхами. Розуміння того, як стали можливими і навіть необхідними ці кроки, досягається лише, якщо простежити за розумовим розвитком індивідуумів, що сприяли виявленню напрямку цих кроків».

Про роль емоцій у навчанні: «Акт подиву, очевидно, настає тоді, коли сприйняття вступає в конфлікт із досить сталим у нас світом понять. У тих випадках, коли конфлікт переживається гостро й інтенсивно, він у свою чергу впливає на наш розумовий світ. Розвиток цього розумового світу являє собою у відомому змісті подолання почуття подиву – безперервна втеча від «дивного», від «чуда». Чи не цього не вистачає нині процесу навчання фізиці в школі й у вузі?»

Таким чином, історія фізики є не тільки складовою частиною змісту шкільного курсу фізики, що дозволяє вирішувати багато задач освіти і виховання, але і важливим джерелом педагогічних ідей, що дають можливість удосконалювати методи викладання і збагачувати методику новими підходами і рішеннями.

8.2. Шляхи використання історизму в навчанні фізиці

Визнання важливості історизму ще не визначає, якою мірою історизм повинний увійти в зміст шкільного курсу фізики. Безперечно, що в курс варто включити ті питання історії, що у найбільшій мірі сприяють рішенню задач, що стоять перед навчанням фізиці. Звичайно, питання історії, що включаються в курс фізики, повинні бути тісно зв'язані з навчальною програмою і доступні школярам. Але ці положення не дають твердих критеріїв для добору історичних відомостей. Насамперед з найбагатшої скарбниці історії фізики треба вибрати те, що є визначальним у розвитку фізики з погляду її сучасного стану. Проблематика ж сучасної фізики зв'язана в першу чергу з рядом фундаментальних фізичних принципів (або ідей), до числа яких відносяться насамперед такі, як ідеї збереження, відносності, корпускулярно-хвильового дуалізму (єдності дискретності і неперервності) і зв'язана з ним сучасна концепція близькодії й атомізму (елементарності) у її сучасному розумінні, ідеї необоротності, симетрії. Актуальність саме цих проблем для фізики наших днів не викликає сумніву. До того ж багато що з цих ідей є власне кажучи методологічними принципами. Звертаючись до історії фізики, можна помітити, що ці фундаментальні ідеї виражали головні напрямки розвитку фізичної думки на всьому протязі існування фізичної науки, і історичний процес її розвитку можна представити як процес становлення і розвитку цих фундаментальних фізичних ідей. Тому якщо ми хочемо представити історію фізики в шкільному курсі головними питаннями, а не другорядними фактами і подіями, то історичний матеріал, що включається в зміст шкільного курсу, повинен насамперед показувати еволюцію фундаментальних фізичних ідей. Деякі з цих ідей виходять за рамки шкільної програми (принцип симетрії, проблема необоротності), про них, природно, не прийдеться говорити на уроках.

Отже, основний історичний матеріал, що заслуговує в першу чергу включення в шкільний курс, – це ті питання історії, що забезпечують розкриття еволюції найважливіших ідей фізичної науки (ідея збереження, атомізму, відносності, близькодії, корпускулярно-хвильового дуалізму).

Звичайно, такий критерій добору, будучи власне кажучи методологічним, повинен поєднуватися з зазначеними раніше педагогічними критеріями. Це значить, що матеріал історії фізики, який розкриває еволюцію найважливіших фізичних ідей, повинен бути пропущений через своєрідний «педагогічний фільтр». У результаті з нього відбирається не тільки саме істотне з погляду розвитку фізики і сучасного її стану, але і саме корисне в освітньому і виховному відношенні, саме переконливе і зрозуміле для учнів. А це, зокрема, означає, що в історичному матеріалі в першу чергу виділяється те, що показує, яка була епоха, у якій було зроблене відкриття, як отриманий той або інший висновок, чому фізика прийшла до тієї або іншої ідеї, який хід думки вченого, якою людиною він був і в яких умовах працював, яка загальна логіка розвитку фізичної ідеї. У такій педагогічній обробці наявних історичних матеріалів і в їхньому пристосуванні до проблем і можливостей навчання фізиці в школі вбачається найважливіша задача наступного викладу.

Історичний матеріал, що розкриває еволюцію найважливіших фізичних ідей і тим самим становлення і розвиток наукової картини світу, слід, мабуть, вважати основним; інші ж питання історії, що можуть висвітлюватися на уроках фізики, складають додатковий матеріал, обсяг якого не настільки вже великий. Таким бачиться основний принцип добору історичного матеріалу для його використання в навчанні фізиці.

Далі природно постає питання про форми використання історичного матеріалу у викладанні фізики, про типи історичних матеріалів по характеру їхнього використання, про методи і прийоми роботи вчителя на уроці.

Історизм у викладанні фізики припускає, як вказувалося раніше, насамперед розкриття еволюції фундаментальних фізичних ідей. Здійснити це можна, зокрема, на спеціальних уроках-лекціях, присвячених історичним оглядам основних етапів розвитку поглядів з найважливіших фізичних проблем. Такі огляди можуть проводитися або наприкінці великих розділів курсу фізики і завершувати їх, або на початку розділу і носити вступний характер. Головною метою завершальних оглядів є узагальнення і систематизація знань учнів з визначеної проблеми (наприклад, з проблеми атомізму).

У ряді випадків історичні огляди дозволяють підготувати учнів до засвоєння фундаментальних фізичних ідей і подаються на початку вивчення теми або розділу курсу. Головною метою вступних розділів є постановка проблеми і попереднє обґрунтування ідеї (наприклад, ідеї поля), оскільки часом ніякими іншими засобами переконання учнів у справедливості ідеї, крім апеляції до історії науки, ми не володіємо. Матеріал, що складає зміст таких розділів, раніше учнями не вивчався, і отут не може бути мови про узагальнення знань. Розглядаючи, як поступово виникла, розвивалася і затверджувалася та або інша ідея, виділяючи логіку й етапи еволюції ідеї, ми показуємо учням, на чому заснована наша переконаність у її істинності, і тим самим вводимо цю ідею не догматично, а як закономірний підсумок розвитку науки.

Як засіб обґрунтування знань історизм виступає не тільки у формі історичних оглядів, але й у формі описів окремих фундаментальних фізичних відкриттів. Факт існування світлового тиску ми обґрунтовуємо тим, що розповідаємо про досліди П.М. Лебедева. Справедливість планетарної моделі атома впливає з опису й аналізу досліду Резерфорда. Отже, третьою формою використання історизму є опис історії окремих відкриттів, що не мають настільки тривалої передісторії, як фундаментальні фізичні ідеї і принципи. До числа таких описів відносяться «Історія встановлення закону інерції», «Історія відкриття світлового тиску», «Історія відкриття рентгенівських променів» і багато інших. Як правило, в історичних описах окремих відкриттів охоплюється не дуже великий часовий період розвитку науки і головна увага звертається на експериментальне дослідження, яке привело до відкриття, і на його теоретичне тлумачення.

Особливе місце серед форм використання історизму належить біографіям учених, що можуть бути дані або в досить повному викладі, або у виді окремих фрагментарних відомостей.

Специфічним типом історичного матеріалу є задачі з історичним

змістом. Приведемо приклад такої задачі.

Визначаючи швидкості молекул різними методами, Штерн поставив наступний дослід. У печі, поміщеній в посудину, з якої відкачано повітря, утворилися пари цезію. Атоми цезію вилітали з щілини в печі і фокусувались за допомогою поміщеної біля щілини діафрагми. Вузкий горизонтальний пучок атомів попадав на екран, розташований за діафрагмою. При цьому внаслідок тяжіння відбувалося відхилення пучка від горизонталі. Як, знаючи зсув цезієвої смуги на екрані і відстань від щілини до екрана, знайти середню швидкість молекул?

Задачі з історичним змістом хоча і нечисленні і не так вже часто використовуються в навчанні у порівнянні з іншими видами задач, проте безсумнівно становлять інтерес. Володіючи всіма достоїнствами звичайних задач, вони знайомлять учнів з історичними подіями, фактами, методами дослідження і тим самим навчають школярів самим своїм змістом, а не тільки отриманими при їхньому рішенні результатами.

Отже, можна виділити наступні форми використання історизму в навчанні фізиці:

- 1) *вступні історичні огляди, що виступають як засіб обґрунтування нових знань;*
- 2) *заклучні історичні огляди, що виступають як засіб систематизації й узагальнення знань;*
- 3) *опис історії окремих відкриттів, фундаментальних дослідів, що є засобом обґрунтування знань;*
- 4) *повні біографії вчених і фрагментарні біографічні відомості, що служать цілям формування особистості учня;*
- 5) *задачі з історичним змістом.*

Звичайно, такий поділ історичних матеріалів досить умовний, але він відбиває сформовані в практиці викладання фізики форми використання історизму і є зручним для подальшого розгляду проблеми. Розглянемо деякі загальні рекомендації про методику використання історичних матеріалів поза залежністю від їхньої форми.

Історичні відомості не є якимсь чужорідним елементом змісту шкільного курсу фізики, а тому і якихось особливих методів їхнього вивчення не існує. Усі ті методи і прийоми, що застосовуються при навчанні фізиці в школі взагалі, придатні й у процесі викладання історичного матеріалу. Може бути, лише окремі методи і прийоми набувають більшого значення або ж деякий специфічний відтінок. От про це і піде зараз мова.

Учителі фізики справедливо вважають, що всі найважливіші положення, що розкриваються на уроці, повинні бути обґрунтовані і переконливо доведені і цим цілям дуже часто служить навчальний експеримент. Обґрунтованістю повинен відрізнятися і виклад історичного матеріалу. Однак, як правило, з цією метою не можна скористатися навчальним експериментом, тому що історичні досліди й установки важко, а часом і неможливо здійснити в шкільних умовах. Тому обґрунтованість у викладі історичного матеріалу досягається іншими засобами, головним з яких є документалізм. Форми його можуть бути різні – це схеми, фотографії

справжніх установок; дані, що характеризують їхній масштаб і точність вимірів; висловлювання і справжні формулювання самих учених; опис епохи, умов праці вчених, а часом і художній опис того або іншого відкриття, що відтворює з допустимою долею домислу атмосферу відкриття. Усе це дозволяє ввести учня в обстановку, у якій відбувалося відкриття, забезпечити якоюсь мірою «ефект присутності» при відкритті, переконати учня у вірогідності історичних відомостей.

Надзвичайно важливим при цьому є характер викладу вчителем історичного матеріалу. Тут доречні не академізм і неупередженість, а розкута, жива манера викладу матеріалу, що повинна поєднатися з чіткістю і логічною строгістю в розгортанні ходу історичного процесу.

Хоча історичний матеріал у більшості випадків і не дозволяє організувати при його вивченні бесіди проблемного характеру, проте проблемність повинна бути присутня і при викладі історичних відомостей. Цьому сприяє проведення деяких уроків у формі семінарів і диспутів. Так, при вивченні природи світла можна організувати диспут між «прихильниками» хвильової і корпускулярної теорії світла.

8.3. Національно-патріотичне виховання на уроках фізики

8.3.1. Національно-патріотичне виховання на уроках фізики у сьомому класі

З розпадом СРСР і відновленням державності України питання про виховання національної самосвідомості, патріотизму постало особливо гостро, тому що без видимих зусиль рядових людей зникла одна держава, громадянами якої вони були, і виникла інша. Для більшості населення Україна є батьківщиною, країною, в якій проведено все або майже життя. Проте частка населення України має походження з інших республік колишнього СРСР або іншу національність. У багатьох людей все ще залишилась ностальгія по минулому, яка багатьма пов'язується з існуванням Радянського Союзу. Тому об'єктивною є проблема виховання у кожного громадянина України почуття національної гідності, об'єднання всього народу України під гаслами державності

Розвал в 1991 році Радянського Союзу, крах комуністичної ідеології, на якій ця держава базувалася більше 70-ти років, відновлення державності України поставило перед її педагогічними працівниками завдання докорінної перебудови системи освіти, з тим щоб вивести освітню галузь на якісно новий рівень – рівень міжнародних стандартів. З цією метою на державному рівні була підготовлена й схвалена національна програма «Освіта: Україна ХХІ століття». У відповідності до неї Всеукраїнською педагогічною радою працівників освіти 30 червня 1994 року була прийнята «Концепція національного виховання», яка покладена в основу виховного процесу в оновлювальній сучасній українській школі. В лютому 1996 року колегія Міністерства освіти України затвердила «Концепцію виховання дітей та молоді у національній системі освіти». Проте актуальність цієї проблеми, пошук оптимального варіанта її розв'язання на теоретичному рівні привели до появи ще декількох альтернативних варіантів концепцій національного

виховання. І на даний час проблема національного виховання на теоретико-методичному рівні все ще залишається невичерпаною, оскільки недостатньо розроблені зміст, методи і форми національного виховання, існує дефіцит науково-методичного забезпечення, що негативно позначається на шкільній практиці.

Вихованець національної школи має виростати патріотом України, незалежно від національності кожного конкретного учня. Це передбачає турботливе ставлення до національно-культурних цінностей інших народів, прищеплення почуття національної, расової, конфесійної толерантності. За таких умов і росіянин, і єврей, і поляк поруч з українцем зможуть стати чесними громадянами і патріотами, шануватимуть закони і традиції народу України, на землі якої вони живуть.

У справі відновлення почуття національної гідності велике значення має висвітлення правдивої історії культури, науки та освіти нашого народу, повернення до культурних надбань, відкриття замулених сторінок нашої спадщини. Неабияку вагу тут має викладання історії української культури, народознавства, повернення імен видатних українських вчених, художників, композиторів, митців слова, культурних діячів, видатних політиків, імен тих українців, які збагачували чужу культуру,

Уже на уроці №2 за темою: «Як набувають природничо-наукових знань», ознайомлюючи учнів із способами отримання знань про природу, можна розповісти, що в наш час фізичними дослідженнями займаються спеціально створені науково-дослідні інститути, де над розв'язанням тих чи інших проблем займаються цілі творчі колективи вчених. Перший в Україні фізичний інститут був створений у 1887 р. при Львівському університеті, а на рубежі XIX-XX століть – при Новоросійському (нині Одеському) університеті. В наш час діють: в Києві – Інститут фізики АН України, Інститут теоретичної фізики, Інститут напівпровідників, Інститут металофізики, Інститут проблем міцності, Інститут ядерних досліджень; в Харкові – Харківський фізико-технічний інститут, Інститут радіофізики і електроніки, Радіоастрономічний інститут, Фізико-технічний інститут низьких температур, а також Донецький і Дніпропетровський фізико-технічний інститути та інші.

При вивченні механіки можна підкреслити, що вивчення механічного руху тривало багато сторіч, ще з древніх часів, але його закони були встановлені лише 3 століття тому видатним англійським вченим Ісааком Ньютоном. Проте і в наш час продовжується його дослідження, і в Україні існує Інститут механіки АН України. Серед славних імен вчених-механіків можна назвати Дмитра Журавського (1921-1991) – теоретика і практика мостобудування, Миколу Белелюбського (1845-1922) – проектувальника і будівничого залізничних мостів, який у 1875-1881 рр. спорудив найдовший у той час в Європі міст через Волгу біля Сизрані; та багато інших. Великий вклад у розвиток світової нелінійної механіки внесла київська школа, що виникла зусиллями таких видатних вчених, як академіки Микола Крилов (1879-1955) та Микола Боголюбов (1909-1993).

При вивченні теми «Сили пружності. Вага тіла. Невагомість» заслуговує на згадку Степан Тимошенко (1878-1972), автор теорії стійкості пружних

систем і розв'язку багатьох складних задач механіки, які зробили його ім'я всесвітньо відомим.

Розповідаючи учням про тертя у рідинах і газах, можна привести приклад використання аеро- та гідродинамічних труб для дослідження поведінки різних тіл у плинній рідині або повітрі і сказати, що першу в СРСР гідродинамічну трубу створив наш земляк із міста Сміли Георгій Проскура (1876-1958).

При вивченні теми «Космонавтика: фізика, техніка та технології» в підручнику досить детально розповідається про вклад українців у розвиток космонавтики. Проте варто було б зауважити українське походження Миколи Кибальчича, згадати імена Юрія Кондратюка-Шаргея, Валентина Глушко та інших, розповісти про плани і перспективи України в освоєнні космосу, її участь у міжнародних космічних проектах тощо. Зокрема, повинна зацікавити учнів розповідь про проект старту космічного корабля з найпотужнішого у світі українського літака «Руслан». Варто також згадати ім'я Михайла Яримовича, іноземного члена АН України, який в США був чільним керівником державних та індустріальних програм з розвитку повітряних збройних сил США, директором вищих авіаповітряних досліджень НАТО. Проводячи урок на тему «Космонавтика», слід підкреслити вклад України у розвиток космонавтики, у витоків якої стояли українці Олександр Засядько (1779-1838), вчений-артилерист, який під час служби в російській армії створив декілька типів порохових ракет, організував їх виробництво і розробив тактику їх використання; Микола Кибальчич (1853-1881) – автор проекту реактивного літального апарату, розробленого ним у тюрмі за кілька днів до страти за участь у замаху на російського царя Олександра II; Юрій Кондратюк (Олександр Шаргей) – автор проекту пілотованого польоту на Місяць, вперше у 1969 р. успішно реалізованого американськими астронавтами. Відомий конструктор, ініціатор і творець перших у світі космічних ракет Сергій Корольов (1907-1966) народився в Житомирі. Валентин Глушко (1908-1989) – друга після С.Корольова постать в радянській космонавтиці – народився в Одесі, конструктор перших в СРСР рідинних ракетних двигунів, встановлених на всіх радянських космічних ракетах. Слід також відзначити, що у Дніпропетровську знаходиться головне підприємство бувшого Радянського Союзу по створенню ракетної техніки – «Південний машинобудівний завод». Серед радянських космонавтів приблизно третина була українці або вихідці з України; з них найперший – Павло Попович, двічі Герой Радянського Союзу, який здійснив польоти у серпні 1962 р. на кораблі «Восток-4» і у липні 1974 р. на «Союзі-4» та орбітальній станції «Салют-3». Перший український космонавт доби незалежності України Леонід Каденюк здійснив політ на американському кораблі «Шаттл» у 1997 р.

При вивченні теми «Види машин і механізмів», розповідаючи про інформаційні машини, можна вказати про досягнення України у розвитку обчислювальної техніки, зокрема про роботи академіка Віктора Глушкова (1923-1982), організатора і першого директора Інституту кібернетики АН України, який своїми працями по теоретичній і прикладній кібернетиці, теорії цифрових автоматів тощо завоював всесвітнє визнання.

Завершальний розділ пробного підручника «Фізика–7» – «Тиск твердих тіл, рідин і газів». В цьому розділі при вивченні теми «Тиск» рекомендуємо пригадати ім'я уродженця Херсона Леоніда Верещагіна (1909 -1977), який створив у 1958 р. Інститут фізики високих тисків АН СРСР. Саме в цей період під його керівництвом уперше в світі було синтезовано найтвердіший у природі матеріал – алмаз (1960 р.). Виготовлення штучних алмазів здійснюється нині у Інституті проблем міцності АН України (м. Київ).

8.3.2. Національно-патріотичне виховання учнів на уроках фізики у восьмому класі

При вивченні теми «Електроскоп. Провідники і непровідники електрики», розглядаючи клас напівпровідників, варто сказати, що ці речовини отримали в ХХ столітті широке застосування, тому дослідженню їхніх властивостей присвячена робота багатьох вчених, в тому числі і українських. Перші в Україні дослідження напівпровідників були розпочаті на кафедрі фізики Київського університету, організований у 1923 р. О. Гольдманом. Зараз ці дослідження продовжуються в Інституті напівпровідників АН України.

Говорячи про «Подільність електричного заряду. Елементарний електричний заряд» про Абрама Федоровича Йоффе, який у 1912-1913 рр. повторив досліди Р. Міллікена по визначенню маси і заряду електрона і взагалі вніс надзвичайний вклад в розвиток радянської і української фізики (його називали «батьком радянської фізики»), пропонуємо привести учням біографічні відомості про А. Йоффе (1880-1960), підкресливши, що він родом з м. Ромни Сумської області. Зокрема, варто уваги те, що А. Йоффе багато зробив для відкриття у 20-30-х роках ХХ ст. на своїй батьківщині – Україні великих науково-дослідних фізичних інститутів, які стали центрами фізичних досліджень і внесли значний вклад у фізичну науку.

При вивченні теми «Теплові явища. Тепловий рух» розглядається явище броунівського руху. Говорячи про теорію цього руху, слід сказати, що вона була розроблена незалежно в 1905 р. видатним фізиком А.Ейнштейном і у 1906 р. професором Львівського університету Маріаном Смолуховським (1872-1917). Закономірності броунівського руху чудово описуються отриманим ними рівнянням, яке носить назву рівняння Ейнштейна-Смолуховського. Смолуховського вважають польським фізиком (очевидно, по національності), хоча народився він поблизу Відня і вищу освіту отримав у Віденському університеті, більшу частину свого творчого життя провів у Львові (з 1898 по 1913 роки), і лише з 1913 по 1917 рр. працював у Краківському університеті.

При розгляді явищ пароутворення і конденсацій можна додатково включити для необов'язкового вивчення питання про критичний стан речовини – стан при високих температурах і тисках, при якому зникають відмінності між рідкою і газоподібною фазами. У цьому пункті можна було б привести інформацію, що найактивніше цей стан вивчали в другій половині ХІХ вчені з першої в Україні фізичної наукової школи, яка була створена професором Київського університету М. Авенаріусом. Протягом 1875-1889р.р. ними були отримані критичні параметри великої кількості речовин,

які увійшли в основний фонд фізичних величин і тривалий час залишалися незмінними. Зокрема, в 1885 р. учень М. Авенаріуса А. Надеждін вперше новим методом (метод Надеждіна) визначив критичну температуру води.

При вивченні реактивного двигуна можна нагадати з історико-біографічного матеріалу до курсу «Фізика – 7» вклад українців у розробці і створенні ракетної техніки.

Тему «Холодильні машини» пропонуємо доповнити необов'язковим для вивчення матеріалом про те, що при наднизьких температурах тверді тіла і деякі рідини (перш за все гелій) мають стільки незвичних властивостей, що для їх вивчення в Україні були створені ряд спеціалізованих кріогенних лабораторій та Фізико-технічний інститут низьких температур. Великий вклад у організацію цих дослідження внесли Лев Шубніков, Борис Лазарєв, Борис Веркін. Кріогенна школа ХФТІ внесла у скарбницю світової науки низку блискучих результатів. Великий цикл досліджень українськими вченими виконано при вивченні властивостей кріокристалів, явища надпровідності, квантової дифузії та низькотемпературних теплофізичних і механічних властивостей конденсованої речовини.

При вивченні питання про напрям електричного струму в металах можна додатково дати розповідь про відомий дослід Мандельштама і Папалексі, завершуючи яку, повідомити, що обох вчених пов'язує з Україною багато фактів їхньої біографії. Леонід Мандельштам (1879-1944) народився в Одесі, там же і навчався в Новоросійському університеті, з 1915 р. працював спочатку в Одеському університеті, а з 1918 по 1922 рр. у політехнічному інституті, у створенні якого приймав активну участь. У 1920-21 рр. передбачив явище, відоме у фізиці як ефект Мандельштама-Бріллюена. Під час роботи в Одеському політехнічному інституті створив навколо себе групу талановитих вчених, найвідоміший з яких – нобелівський лауреат Ігор Тамм. Що стосується Миколи Папалексі, то він уродженець Сімферополя, один з основоположників радянської радіофізики і радіотехніки, з 1918 по 1922 рр. працював разом з Л. Мандельштамом в Одеському політехнічному інституті. Тут же можна розповісти про термоелектричні явища і про вклад в їх дослідження вітчизняного фізика, організатора і керівника першої в Україні фізичної лабораторії Михайла Авенаріуса, який відкрив закон Авенаріуса про залежність термо-ЕРС від температури спаїв.

При вивченні електричного струму в газах варто згадати прізвище видатного українця Івана Пулюя (1845-1918), роботи якого з вакуумної техніки, природи катодних променів і процесів у газорозрядних трубках принесли йому світову славу. Завдяки придуманій ним газорозрядній трубці, що в багато дечому була досконалішою від «трубки Крукса», його ім'я було відоме у всіх чільних лабораторіях Європи, де цю трубку називали «трубкою Пулюя» на відміну від «трубки Крукса».

Тема «Магнітні явища в речовині» заслуговує на увагу тим, що в ньому теж є можливість розповісти про деяких вчених з України, які внесли свій вклад в розуміння цих явищ. Зокрема, вже згадуваний Л. Ландау разом з Є. Ліфшицем розвинув послідовну і строгу термодинамічну теорію доменної структури феромагнетиків, чим поклав початок сучасній фізиці феромагнетиків. Він також у 1933 р. одним з перших ввів поняття про

антиферромагнетизм як про особливу фазу магнетиків і після виявлення цього явища Львом Шубніковим в Українському фізико-технічному інституті дав його теорію.

8.3.3. Національно-патріотичне виховання учнів на уроках фізики у старших класах

Вивчення фізики у дев'ятому класі починається з розділу «Електромагнітна індукція». Тут, при вивченні змінного індукційного струму можна знову згадати видатного вченого Івана Пулюя, в активі якого є введення в дію ряду електростанцій на постійному струмі в Австро-Угорщині, до складу якої наприкінці минулого і на початку нашого століть входила Західна Україна, та першої в Європі електростанції на змінному струмі у Празі.

Вкладу українських фізиків у вивчення напівпровідників, які розглядаються у темі «Електричні властивості напівпровідників. Напівпровідникові прилади» варто приділити більше уваги.

Фізика напівпровідників, одна з актуальних галузей сучасної фізичної науки, починає свій помітний розвиток з кінця 20-х років нашого століття. Систематичне дослідження властивостей напівпровідників у нашій країні було розпочате в Інституті фізики АН України під керівництвом О. Гольдмана і у Фізичному інституті Одеського університету під керівництвом Є. Кирилова. В результаті цих досліджень в 30-х роках у Інституті фізики був отриманий перший в СРСР сірчано-срібний фотоелемент, який дозволяв отримувати електроенергію з коефіцієнтом корисної дії до 1% (тоді як кращі закордонні фотоелементи мали ККД всього 0,05%). У 1938-1941 рр. український фізик С. Пекар розробив теорію напівпровідникових випрямлячів. Висновки цієї теорії були в 1940 р. експериментально підтверджені В. Лашкарьовим (уродженець м. Києва, який з 1939 по 1960 рр. працював в Інституті фізики АН України, а з 1960 по 1970 рр. – директором Інституту напівпровідників АН України). Фактично роботи Лашкарьова передбачили існування р- n-переходів у напівпровідниках, які остаточно дослідив В. Шоклі у 1949 р.

Після відкриття у 1948 р. можливості підсилення електричних сигналів на германії – так званого транзисторного ефекту – почалося надзвичайно швидке вивчення германію, кремнію і інших напівпровідників. Особливо значних успіхів досягли у цьому напрямі фізики Києва. Дослідження В. Лашкарьова, В. Ляшенка та інших в Інституті напівпровідників АН України внесли істотний вклад в розуміння суті елементарних актів взаємодії електронів з домішковими центрами та решіткою кристалу і сприяли розробці наукових основ сучасної технології одержання напівпровідникових матеріалів, які знайшли широке практичне застосування у вітчизняній напівпровідниковій електроніці, радіотехніці, обчислювальних машинах, автоматичних пристроях тощо.

Навчальний матеріал розділу «Механічні коливання» можна доповнити інформацією про надзвичайно великий вклад у фізику нелінійних коливань, який внесли українські академіки М. Крилов та його учень М. Боголюбов. Учнів можуть зацікавити деякі факти з біографії Миколи Боголюбова,

зокрема те, що вже в 14 років він почав приймати участь у науковому семінарі академіка М.Крилова (в Києві), в 16 років був зарахований в аспірантуру при Кафедрі математичної фізики АН УРСР, а в 1930 р. йому була присуджена ступінь доктора математики. Він став засновником і керівником наукових шкіл теоретичної фізики в Києві і Москві.

Вивчаючи розділ «Електромагнітні коливання і хвилі. Елементи радіотехніки», можна привести приклади українських вчених, праці яких були присвячені цим питанням. Це, зокрема, професор Харківського та Новоросійського університетів Микола Пильчиков (1857-1908), який один з перших почав дослідження по радіоуправлінню; професор Новоросійського університету (в 1871-1893 рр.) Микола Умов (1846-1915), який ввів поняття вектора потоку енергії, що в теорії електромагнітного поля має надзвичайно важливе значення і називається вектором Умова-Пойнтінга; Михайло Остроградський (1801-1862), уродженець Полтавської області, який у 1828 р. доказав теорему (теорема Остроградського-Гауса), що має дуже широке використання в теорії електромагнітних полів; вже згадуваний Микола Папалексі також вніс значний вклад у радіофізику і радіотехніку, теорію поширення радіохвиль.

Вивчаючи розділ «Світлові явища», без сумніву, слід розповісти про важливе відкриття явища просвітлення оптичних приладів за допомогою «шару Смакули», яке має дуже широке практичне значення у оптиці. Це відкриття було зроблене в 30-х роках ХХ ст. українцем Олександром Смакулою під час роботи в провідній німецькій оптичній фірмі Цейса. Серед вчених-оптиків варто згадати також ім'я українця Володимира Линника, який вніс визначний вклад в радянське оптичне, зокрема астрономічне приладобудування. Він є автором різних приладів: подвійного мікроскопа (1929), інтерференційного мікроскопа (1933), великого інтерферометра, зоряного і сонячного інтерферометрів і ін. При розмові про рентгенівські промені необхідно знову привести ім'я Івана Пулюя, який раніше від Рентгена спостерігав «таємничі невидимі промені», але, на жаль, не добачив їх епохального значення та опублікував свої результати вже після Рентгена. Проте він багато зробив для використання рентгенівських променів у медицині.

Значним є вклад українських фізиків і у дослідження атомного ядра, яке вивчається у розділі «Атомне ядро. Ядерна енергетика». Тому необхідно учням розповісти, що співробітником Українського фізико-технічного інституту Дмитром Іваненком у травні 1932 року, через два місяці після відкриття нейтрона, була сформульована протонно-нейтронна модель ядра, яка тепер є загальновизнаною. В 1932 р. велика група співробітників Ленінградського ФТІ, яка переїхала на роботу в УФТІ, – К. Синельников (1901-1966), А. Вальтер (1905-1965), О. Лейпунський (1903-1972), Г. Латишев (1907-1973) – за допомогою сконструйованого ними в УФТІ прискорювача протонів на 250 кеВ здійснили 10 жовтня того ж року першу в СРСР і другу в світі штучну ядерну реакцію, викликану прискореними частинками (${}_3\text{Li}^7 + {}_1\text{H}^1 \rightarrow {}_2\text{He}^4 + {}_2\text{He}^4$). У 1934 р. Д. Іваненко та І. Тамм сформулювали ідеї про обмінний характер ядерних сил, які і сьогодні є керівними в проблемі

взаємодії протона і нейтрона в ядрі. В аспекті даного дослідження необхідно обов'язкового розповісти учням про вклад українських вчених та їхніх колег, що мають українські корені, в розв'язання проблеми отримання атомної енергії, зокрема Анатолія Александрова, Євгенія Завойського, Кирила Щолкіна. Цікавою буде розповідь учням про іноземних фізиків – вихідців з України, які досягли визначних успіхів у дослідженні атомного ядра. Це, зокрема, Жан (Іван) Бержерон – провідний спеціаліст Франції по стабільності і контролю ядерних реакторів; Джордж (Георгій) Гамов – автор теорії α -розпаду ядер; Джордж (Георгій) Кістяківський, який проектував вибуховий пристрій для критичної маси першої ядерної бомби в США і навіть був офіційним науковим радником президента США в 1959-1961 рр.; Георгій Шарпак – французький фізик українського походження, лауреат Нобелівської премії за відкриття багатодротинкових камер – детекторів ядерних частинок. Розповідаючи про проблему термоядерного синтезу, вважаємо вартим привести учням ім'я українця Михайла Леонтовича, якому належить фундаментальна фізична ідея з основ теорії перспективного термоядерного реактора – токамака.

ПИТАННЯ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЮ

Модуль 1. Виникнення фізики

1. Що вивчає історія фізики?
2. Приведіть періодизацію історії фізики.
3. Які природничо-наукові відомості були знайомі первісним людям?
4. Які технічні і наукові досягнення древнього Єгипту і Вавилону вам відомі?
5. Назвіть представників іонійської античної школи.
6. Приведіть природничо-наукові погляди і досягнення Фалеса Мілетського.
7. Якою є основна наукова заслуга Демокріта?
8. Які особливості поглядів піфагорійської школи?
9. У чому суть космогонічних моделей піфагорійців?
10. Приведіть погляди егейської наукової школи.
11. Назвіть прізвища перших атомістів.
12. Які основні положення атомістики Демокріта?
13. Які докази атомарної будови речовини наводять Епікур і Лукрецій?
14. У чому головна заслуга Арістотеля?
15. Які фізичні погляди Арістотеля?
16. Які галузі науки зазнали найвищого розквіту в Александрійську епоху?
17. Які найвищі математичні і фізичні досягнення Евкліда?
18. Які найбільші відкриття у механіці зробив Архімед?
19. Які оптичні дослідження проводив Архімед?
20. Приведіть відомості про винаходи олександрійських механіків.
21. Які головні причини занепаду науки у період раннього середньовіччя?
22. Що послужило стимулами відродження інтересу до науки у другій фазі середньовіччя?
23. Яку роль у розвитку середньовічної європейської науки відіграли араби?
24. Опишіть досягнення з оптики Альгазена.
25. Які дослідження в галузі механіки проводив Альгаціні?
26. Які погляди Роджера Бекона суперечили офіційній ідеології його часу?
27. Які дослідження з оптики проводив Роджер Бекон?
28. Які природничі дослідження проводив П'єр із Марікура?
29. Які ідеї висловлював Микола Кузанський?
30. Які фізичні дослідження проводив Леонардо да Вінчі?
31. Приведіть загальнонаукові погляди Леонардо да Вінчі.
32. Розкрийте коротко зміст ідей Миколая Коперника щодо будови світу.
33. Які недоліки є у геліоцентричній системі Коперника?
34. Які погляди Джордано Бруно викликали гнів інквізиції?
35. Які протиріччя у поглядах перипатетиків відкрив Галілей?
36. Які фізичні відкриття були зроблені Галілеєм у Падуйському університеті?
37. Які астрономічні відкриття були зроблені Галілеєм?
38. В чому незвичність книги Галілея „Діалог про дві системи світу”?

39. Які основні фізичні ідеї висловлені Галілеєм у книзі „Діалог про дві системи світу”?
40. Які нові принципи проголошені Галілеєм у книзі “Бесіди і математичні докази про дві нові галузі науки”?
41. Яка роль Тіхо Браге у астрономічних відкриттях Кеплера?
42. У чому значення астрономічних відкриттів Кеплера?
43. Приведіть досягнення Кеплера з оптики.
44. Які основні принципи методології Фр.Бекона?
45. Які основні ідеї методу Декарта?
46. Приведіть фізичні погляди Декарта.
47. В чому суть космогонії Декарта?
48. Які дослідження з механіки проводив Стевін?
49. Які відкриття були здійсненні у 17 ст. при дослідженні маятника?
50. Як відбулося відкриття атмосферного тиску?
51. Які фізичні відкриття були зроблені Б.Паскалем?
52. Які нові фізичні відкриття були здійснені у 17 ст. з гідростатики?
53. Які роботи були виконані Ньютоном з гідродинаміки?
54. Приведіть основні роботи з термометрії у 17 ст.
55. Які конструкції гігrometerів пропонувалися фізиками у 17 ст.?
56. Яку основну ідею з оптики запропонував Ферма?
57. Яких поглядів щодо природи світла дотримувався Р.Гук?
58. Приведіть коротко історію відкриття закону заломлення світла.
59. Які оптичні відкриття зробив Грімальді?
60. Що нового в електриці було відкрито у 17 ст. Гамільтоном?

Модуль 2. Період класичної фізики

1. Приведіть короткі відомості про перші наукові роботи І.Ньютона
2. Які погляди І.Ньютона були на природу світла?
3. У чому були розходження поглядів Ньютона і картезіанців?
4. Хто із попередників Ньютона сприяв створенню ним основ класичної механіки?
5. У чому проявилась метафізичність поглядів Ньютона на простір і час?
6. Які нові і уточнені поняття ввів Ньютон у формулюванні законів механіки?
7. Опишіть коротко передісторію відкриття закону всесвітнього тяжіння.
8. У чому заслуга Ньютона у відкритті закону всесвітнього тяжіння?
9. У чому суть суперечки фізиків 18 ст. про дві міри кількості руху?
10. Який важливий вклад у механіку зробив Лагранж?
11. Приведіть досягнення у механіці твердого тіла Л.Ейлера.
12. Який важливий вклад у механіку зробив Даламбер?
13. Які відкриття у механіці були зроблені Б.Робінсом?
14. Яких успіхів досягла термометрія у 18 ст.?
15. Який вклад у термометрію вніс Г.Ріхман?
16. Які відкриття були зроблені у термометрії Д.Блеком?
17. Який метод був запропонований у термометрії Блеком, Лаувазье і Лапласом?
18. У чому полягала суть теорії теплоти Д.Блека?
19. Які погляди на природу теплоти були у М.В.Ломоносова?
20. Приведіть досягнення вчених 18 ст. у створенні теплових двигунів.

21. Чому хвильова теорія світла у 18 ст. уступала корпускулярній?
22. Який важливий вклад у оптику зробив П.Бугер?
23. Як було спростовано передбачення Ньютона про неможливість подолання ахроматичної аберації?
24. Яке відкриття було зроблено в електриці Стефаном Греєм?
25. У чому полягала теорія електрики Шарля Дюфе?
26. Які винаходи були зроблені Бенджаміном Франкліном?
27. У чому полягала теорія електрики Бенджаміна Франкліна?
28. Приведіть коротко історію відкриття закону Кулона.
29. У чому полягало відкриття Луїджі Гальвані в електриці?
30. Які відкриття в електриці були зроблені Олександром Вольта?
31. Яке значення для фізики і техніки мали відкриття Олександра Вольта?
32. Який важливий вклад у механіку зробив Луї Пуансо?
33. Який важливий вклад у механіку зробив Гаспар Коріоліс?
34. Який важливий вклад у механіку зробив Карл Гаус?
35. Який важливий вклад у механіку зробив Карл Гаус?
36. Який важливий вклад у механіку зробив Вільям Гамільтон?
37. Які головні ідеї хвильової оптики Томаса Юнга?
38. Розкажіть коротко історію відкриття явища поляризації світла?
39. В чому полягали основні ідеї хвильової оптики Огюста Френеля?
40. Як О.Френель пояснив у рамках хвильової оптики поляризацію світла?
41. Які найважливіші відкриття у оптиці були зроблені Фраунгофером?
42. В чому полягала головна ідея досліду Фуко по вимірюванню швидкості світла?
43. Які досліди по вимірюванню швидкості світла були виконані Фізо?
44. Що було досягнуто в дослідженні теплових двигунів Саді Карно?
45. Які відкриття були зроблені у 19 ст. в дослідженні термодинаміки газового стану?
46. Приведіть коротко історію відкриття закону збереження енергії.
47. Яке однакове відкриття незалежно було зроблено Ленцем і Джоулем?
48. Як початково формулювався II закон термодинаміки у формулюванні У.Томсона (Кельвіна)?
49. Яке математичне формулювання II закону термодинаміки було дано Клаузіусом?
50. Який важливий вклад у термодинаміку зробив В.Нернст?
51. Який важливий вклад у фізиці зробив Л.Больцман?
52. Який важливий вклад у фізиці зробив Дж.Гіббс?
53. У чому полягало відкриття Ерстеда?
54. Яке значення мало відкриття Ерстеда?
55. Які відкриття в електродинаміці були зроблені Ампером?
56. Які відкриття в електродинаміці були зроблені Біо і Саваром?
57. Яке відкриття в електродинаміці було здійснене Зеебеком?
58. Які відкриття в електродинаміці були здійснені Араго?
59. У чому полягала суть дослідів Г.Ома?
60. Який вклад в електродинаміку був зроблений Кірхгофом?
61. Як було зроблено відкриття електромагнітної індукції?
62. Які головні відкриття у фізиці були зроблені М.Фарадеєм?
63. Який вклад у дослідженні явища електромагнітної індукції був зроблений Е.Ленцом?
64. До яких перших технічних застосувань привели відкриття в галузі електродинаміки?
65. Приведіть коротко історію побудови теорії електромагнітного поля.

66. Які передбачення були зроблені Максвелом в рамках його теорії електромагнітного поля?
67. Яке значення мали для розвитку теорії електромагнітного поля М.О.Умова і Д.Пойнтінга?
68. Які експериментальні дослідження були виконані в електродинаміці Г.Герцем?
69. Що нового в теорії електромагнітного поля було внесено Г.Герцем?
70. Які досліди П.М.Лебедева сприяли утвердженню теорії електромагнітного поля Максвела?

Модуль 3. Період сучасної фізики

1. Хто і на підставі якого явища вперше розрахував елементарний електричний заряд?
2. Хто, коли і як відкрив катодні промені?
3. Які вчені встановили природу катодних променів?
4. Які властивості катодних променів відкрив У.Крукс?
5. У чому полягали досліди Перрена по визначенню природи катодних променів?
6. Які властивості катодних променів відкрив Дж.Томсон?
7. Ким і коли було відкрито явище фотоефекту?
8. Які незвичайні закономірності фотоефекту були відкриті О.Столетовим?
9. Які основні припущення електронної теорії Г.Лоренца?
10. Який вклад Г.Лоренца у теорію електромагнітного поля суцільних середовищ?
11. Який вклад Г.Лоренца у електродинаміку рухомих середовищ?
12. Які нові явища передбачила і пояснила електронна теорія Г.Лоренца?
13. Якими дослідженнями були закладені основи спектрального аналізу?
14. Що визначає закон Стефана-Больцмана?
15. Які відкриття у термодинаміці рівноважного теплового випромінювання зробив В.Він?
16. У чому полягала проблема класичної фізики у поясненні рівноважного теплового випромінювання?
17. У чому полягає суть "ультрафіолетової катастрофи"?
18. Які обмеження у застосуванні формули Релея-Джинса для рівноважного теплового випромінювання?
19. У чому полягала суть гіпотези Планка у поясненні рівноважного теплового випромінювання?
20. Який вклад у квантову теорію зробив у 1905 році А.Ейнштейн?
21. Як було відкрито рентгенівські промені?
22. Які властивості X-променів встановив В.Рентген?
23. Як була встановлена природа рентгенівських променів?
24. Як було відкрито явище радіоактивності?
25. Які відкриття з радіоактивності зробили М.Склодовської-Кюрі і П.Кюрі?
26. Як була встановлена склад радіоактивного випромінювання?
27. Як була розкрита природа радіоактивного випромінювання?
28. У чому суть моделі атома Дж.Томсона і які його недоліки?
29. Які дослідження привели до планетарної моделі атома?
30. Які припущення покладені в основу першої теорії Н.Бора атома водню?
31. Які експериментальні і теоретичні дослідження передували створенню СТВ?

32. В яких роботах були закладені основи СТВ?
33. Яке співвідношення між масою і енергією встановила СТВ?
34. Який вклад у СТВ зробив Г.Мінковський?
35. Які принципи покладені в основу загальної теорії відносності?
36. Приведіть експериментальні передумови створення квантової механіки.
37. Яке значення у створенні квантової механіки мало відкриття ефекту А.Комптона?
38. Яка гіпотеза була висунута Луї де Бройлем?
39. Які дослід підтвердили гіпотезу де Бройля?
40. Які вихідні положення квантової теорії Е.Шредінгера?
41. Яка історія створення квантової теорії теплоємності твердих тіл?
42. У чому суть квантової теорії Гейзенберга?
43. Як було встановлено фізичний зміст хвильової функції?
44. Приведіть коротку історію відкриття спіна.
45. Приведіть історію відкриття квантових статистик.
46. Розкажіть про історію квантового пояснення α -радіоактивності.
47. Які дослідження у 1919 р. здійснив Ф.Астон?
48. Як було вперше здійснене штучне розщеплення ядер?
49. Як було відкрито протон?
50. У чому суть азотної катастрофи?
51. Приведіть коротку історію відкриття нейтрона.
52. Приведіть історію протон-нейтронної теорії будови ядра.
53. Чому 1932 р. називають великим роком у вивченні радіоактивності?
54. Як було відкрито позитрон?
55. Назвіть перші прискорювачі елементарних частинок.
56. Які відкриття здійснили вперше Кокрофт і Уолтон за допомогою свого прискорювача?
57. Як був відкритий новий вид радіоактивності Ф.Жоліо та І.Кюрі?
58. У чому полягав метод Фермі збудження ядер?
59. Яке явище відкрив І.В.Курчатов з колегами у 1935 р.?
60. Як було відкрито явище поділу ядер урану?
61. Хто вперше передбачив можливість ланцюгової реакції поділу урану і розрахував критичну масу?
62. Як було створено крапельну модель поділу ядра урану?
63. Чому А.Ейнштейн звернувся до президента США з листом про необхідність робіт з ядерної енергії?
64. Приведіть коротку історію створення атомної бомби.
65. Приведіть коротку історію відкриття фотона.
66. Приведіть коротку історію відкриття нейтрино.
67. Які дослідження привели до відкриття мюонів?
68. Які нові елементарні частинки були відкриті у 50-х роках минулого століття?
69. Які нові елементарні частинки були відкриті у 60-х роках минулого століття?
70. Які відкриття у фізиці елементарних частинок були здійснені у 70-х роках минулого століття?

Модуль 4. Історія фізики в Україні

1. Який заклад першим в Україні став готувати фахівців з природничих наук?

2. Яке значення Києво-Могилянської академії в історії української і російської науки?
3. Коли і які перші університети були створені на території України?
4. Яка роль Наукового Товариства ім. Шевченка в українській науці?
5. Які головні досягнення наукової діяльності І.Пулюя?
6. Якими науковими дослідженнями займався Д.Пильчиков?
7. Який важливий внесок у науку зробив М.Остроградський?
8. Де і коли виникла перша в Україні фізична наукова школа та хто був її лідером?
9. Які наукові дослідження проводились у науковій школі М.Авенаріуса?
10. Якими науковими дослідженнями займався М.Шіллер?
11. Яка роль у розвитку фізики в Україні належить Л.І.Мандельштаму?
12. Які видатні радянські фізики навчалися і працювали у Таврійському університеті?
13. Яка заслуга перед становленням української фізичної науки А.Ф.Йоффе?
14. Які основні напрямки досліджень були у створеному в Харкові Український фізико-технічний інституту?
15. Яку ідею про будову матерії висунув організатор теоретичного відділу УФТІ Д.Д.Іваненко ?
16. Які важливі відкриття були зроблені у кріогенній лабораторії УФТІ?
17. Яка роль у становленні теоретичної фізики в Україні належить Л.Д.Ландау?
18. Які видатні наукові результати були отримані М.Боголюбовим і М.Криловим у передвоєнний період?
19. Які науково-дослідні інститути виокремилися з Київського інституту фізики?
20. Які науково-дослідні інститути виокремилися з Харківського фізико-технічного інституту?
21. Науковими дослідженнями у якій галузі займався Жан (Іван) Бержерон?
22. Який визначний вклад у фізику зробив Олекса Біланюк?
23. Які видатні наукові відкриття здійснив Г.Гамов?
24. Які видатні наукові дослідження проводив С.П.Тимошенко?
25. За які досягнення був удостоєний Нобелівської премії з фізики Георгій Шарпак?
26. Який вклад у науку зробив Анатолій Александров?
27. Який науковий напрямок започаткував Герш Будкер?
28. Які головні наукові досягнення Євгена Завойського?
29. За яке наукове відкриття був удостоєний Нобелівської премії з фізики Петро Капиця?
30. Які основні напрямки наукової діяльності Петра Капиці?
31. Який найважливіший вклад у фізиці належить М.Леонтовичу?
32. Який вклад у розвиток оптики вніс В.Линник?
33. За які наукові дослідження був тричі удостоєний звання Героя соціалістичної праці К.Щолкін?
34. Які ідеї у використанні реактивного руху висунув М.Кибальчич?
35. Які ідеї стосовно освоєння космосу висунув О.Шаргей (Ю.Кіндратюк)?

36. Який вклад у ракетобудування вніс М.К.Янгель?
37. Який вклад у практичне освоєння космосу вніс С.П.Корольов?
38. Який вклад у ракетобудування вніс В.П.Глушко?
39. Розкрийте коротко суть міжнародної програми “Морський старт”?
40. Яка перша найважливіша функція історизму у викладанні фізики?
41. Яка друга найважливіша функція історизму у викладанні фізики?
42. Яка третя функція історизму у викладанні фізики?
43. Яка четверта функція історизму у викладанні фізики?
44. Що необхідно при розробці методики вивчення фізичних понять і ідей з використанням історизму?
45. Що є основним критерієм відбору історичного матеріалу для використання в курсі фізики?
46. Яке призначення вступних історичних оглядів у навчанні фізики?
47. Яке призначення заключних історичних оглядів у навчанні фізики?
48. Для чого слід використовувати описи історії окремих відкриттів або фундаментальних дослідів?
49. Яким цілям служать повідомлення учням на уроках фізики біографій вчених?
50. Яким має бути характер викладу вчителем історичного матеріалу на уроці?
51. Прізвища яких відомих вчених можна привести при вивченні механічного руху?
52. Прізвища яких відомих вчених можна привести при вивченні питання про освоєння космосу?
53. Прізвище якого українського вченого можна привести при вивченні теми "Тиск. Сила тиску".
54. У зв'язку з вивченням яких питань можна розповісти учням про роботи М.Смолуховського?
55. У зв'язку з вивченням яких питань можна розповісти учням про роботи М.Авенаріуса?
56. У зв'язку з вивченням яких тем можна розповісти учням про роботи Шубнікова, Лазарєва і Веркіна?
57. У зв'язку з вивченням яких тем можна розповісти учням про І.Пулюя?
58. Прізвища яких українських вчених можна привести при вивченні теми "Напівпровідники".
59. У зв'язку з вивченням яких тем можна розповісти учням про М.М.Боголюбова?
60. У зв'язку з вивченням яких тем можна розповісти учням про О.Смакулу?

ПИТАННЯ ДО ЗАЛІКУ З ІСТОРІЇ ФІЗИКИ

1. Задачі історії фізики та її періодизація
2. Передісторія фізики. Зародження природознавства
3. Фізика епохи античності: іонійська антична школа
4. Фізика епохи античності: Піфагорійська та елейська школи
5. Атомізм Анаксагора і Емпедокла
6. Атомістичні погляди Демокріта
7. Атомізм пізнього античного періоду
8. Фізичні погляди Арістотеля
9. Фізика епохи античності: олександрійська школа
10. Архімед
11. Олександрійські механіки
12. Загальна характеристика епохи середньовіччя
13. Досягнення науки Сходу в епоху середньовіччя
14. Європейська середньовічна наука
15. Наука в епоху Відродження
16. Наукова революція Коперника
17. Початок наукової діяльності Галілея
18. Астрономічні відкриття Галілея
19. Боротьба Галілея за новий світогляд
20. Фізичні погляди Галілея
21. Основи світогляду Галілея
22. Роботи І.Кеплера з оптики і небесної механіки
23. Необхідність нової методології і нової організації науки. Метод Фр.Бекона
24. Метод Декарта. Фізичні погляди Декарта
25. Виникнення експериментальних методів у фізиці. Механіка 17 ст.
26. Відкриття атмосферного тиску.
27. Гідростатика і гідродинаміка у 17 ст.
28. Дослідження теплоти в XVII ст.
29. Оптика в XVII ст.
30. Дослідження електрики і магнетизму в XVII ст.
31. Життя і наукова діяльність Ньютона
32. Основи механіки в „Математичних началах натуральної філософії” Ньютона
33. Створення аналітичної механіки у 18 ст.
34. Молекулярна фізика і теплота у 18 ст.
35. Оптика у 18 ст.
36. Дослідження з електростатики у 18 ст.
37. Зародження електродинаміки у роботах Гальвані і Вольты
38. Розвиток механіки у 19 ст.
39. Розвиток оптики у 19 ст.
40. Зародження термодинаміки. Встановлення закону збереження і перетворення енергії
41. Відкриття 2-го начала термодинаміки і становлення статистичної фізики

42. Відкриття електромагнетизму
43. Відкриття електромагнітної індукції
44. Створення теорії електромагнітного поля.
45. Відкриття і дослідження електромагнітних хвиль
46. Виникнення гіпотези квантів
47. Виникнення атомної і ядерної фізики
48. Створення класичної електронної теорії. Відкриття електрона
49. Виникнення теорії відносності
50. Створення квантової механіки
51. Розвиток ядерної фізики у 20 ст.
52. Зародження ядерної енергетики
53. Відкриття у фізиці елементарних частинок
54. Огляд історії фізичних досліджень в Україні до початку XX ст.
55. Розвиток фізичної науки в Україні у XX ст.
56. Внесок українських зарубіжних вчених у фізику
57. Внесок радянських фізиків українського походження у фізичну науку
58. Внесок українських вчених у розвиток космонавтики
59. Роль історизму у навчанні фізики
60. Шляхи використання історизму у навчанні фізики
61. Національно-патріотичне виховання на уроках фізики у 7-8 класах
62. Національно-патріотичне виховання на уроках фізики у старших класах

Для нотаток

Навчальне видання

Історія фізики

курс лекцій

Дудик Михайло Володимирович
Діхтяренко Юлія Володимирівна

*Навчальний посібник
для студентів вищих навчальних закладів
фізико-математичних спеціальностей*

Видання здійснено в авторському редагуванні

Підписано до друку 05.01.2015. Формат 60×90 1/32

Папір офсет.

Обл.-вид. арк. 0,45. Ум. друк. арк. 0,4

Тираж 100. Зам. №2561.

Видавець та виготовлювач
ФОП Жовтий О.О.

20300, м. Умань, вул. Садова, 2
(УДПУ, навчальний корпус №1)

Тел. 097 255 65 07

047 44 5 21 66

093 540 78 82

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників
і розповсюджувачів видавничої продукції
Серія ДК, №2444 від 22.03.2006 р.