

Кам'янець-Подільський національний університет
імені Івана Огієнка

**П. С. АТАМАНЧУК
О. М. СЕМЕРНЯ**

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

**З МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ
(СТАРША ШКОЛА)**

Навчальний посібник

Кам'янець-Подільський
ТОВ «Друкарня «Рута»
2014

УДК 378.016:53
ББК 22.3р30я73
A92

Рекомендовано до друку ухвалою вченої ради Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка (протокол № 14 від 26 грудня 2013 р.)

Рецензенти:

О. І. Іваницький – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри фізики та методики її викладання Запорізького національного університету;

М. Т. Мартинюк – доктор педагогічних наук, професор, член-кореспондент НАПН України, завідувач кафедри фізики та методики її викладання Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини;

В. П. Сергієнко – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії, директор Центру моніторингу якості освіти Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова (м. Київ).

Атаманчук П. С.

A92 Практичні заняття з методики навчання фізики (старша школа) : навчальний посібник / П. С. Атаманчук, О. М. Семерня. – Кам'янець-Подільський : ПП Буйницький О.А., 2014. – 272 с.

ISBN 978-617-608-054-1

Посібник втілює діяльнісний підхід до навчання в контексті формування світоглядних якостей та методичної компетентності майбутніх учителів з фізики.

Розрахований на науково-педагогічних працівників, магістрантів, студентів та учителів фізики.

УДК 378.016:53
ББК 22.3р30я73

ISBN 978-617-608-054-1

© Атаманчук П. С.,
Семерня О. М., 2014

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	8
ХАРАКТЕРИСТИКА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ФІЗИКИ У СТАРШИХ КЛАСАХ»	11

Розділ 1. МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ОСНОВ КЛАСИЧНОЇ МЕХАНІКИ

1.1. Кінематика	24
1.1.1. Поступальний і обертальний рухи	25
1.1.2. Криволінійний рух	27
1.1.3. Кінематика космічних рухів	28
1.2. Динаміка	30
1.2.1. Закон інерції. Другий закон Ньютона	31
1.2.2. Закон збереження імпульсу	32
1.2.3. Падіння тіл у повітрі	33
1.3. Статика	36
1.3.1. Абсолютно тверде тіло	37
1.3.2. Різні випадки рівноваги тіла під дією сили тяжіння	38
1.3.3. Прості машини	39
1.4. Робота і енергія	41
1.4.1. Застосування «золотого правила механіки»	42
1.4.2. Принцип збереження роботи	44
1.4.3. Загальний характер закону збереження енергії	46
1.5. Гідростатика	49
1.5.1. «Нестислива» рідина	50
1.5.2. Тиск води на морській глибині	50
1.5.3. Спливання пузирів	52
1.6. Аеростатика	54
1.6.1. Досліди, які доводять існування атмосфери	55
1.6.2. Фізіологічна дія пониженого тиску повітря	56
1.6.3. Повітряні кулі та дирижаблі	58
1.7. Завдання для самоконтролю	60

Розділ 2. МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ОСНОВ ТЕПЛОТИ І МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ

2.1. Теплове розширення твердих і рідких тіл	62
2.1.1. Теплове розширення твердих і рідких тіл	63
2.1.2. Формула об'ємного розширення	64
2.1.3. Особливості розширення води	66
2.2. Робота і теплота	68
2.2.1. Калорія	69
2.2.2. Принцип збереження енергії	70
2.2.3. «Вічний» двигун	72
2.3. Молекулярно-кінетична теорія (МКТ)	74

2.3.1. Мікросвіт.....	75
2.3.2. Молекулярний рух у газах, рідинах, твердих тілах.....	76
2.3.3. Молекулярні та міжмолекулярні сили	78
2.4. Властивості газів	80
2.4.1. Залежність тиску газу від температури	81
2.4.2. Закон Дальтона	82
2.4.3. Правило Дюлонга і Пті	83
2.5. Властивості рідин	84
2.5.1. Розміщення молекул у поверхні тіл	85
2.5.2. Адсорбція і флоатація	86
2.5.3. Розчинення твердих тіл у рідинах.....	87
2.6. Властивості твердих тіл.....	88
2.6.1. Зміна густини речовини в процесі плавлення	89
2.6.2. Полімери і сплави.....	90
2.6.3. Охолоджувані суміші.....	91
2.7. Властивості пари	94
2.7.1. Охолодження під час випаровування	95
2.7.2. Випаровування на кривих поверхнях рідин	96
2.7.3. Вакуумна техніка	98
2.8. Фізика атмосфери	99
2.8.1. Хмароутворення.....	100
2.8.2. Штучні опади	102
2.8.3. Передбачення погоди.....	103
2.9. Завдання для самоконтролю	105

Розділ 3. МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ОСНОВАМ ЕЛЕКТРИКИ І МАГНЕТИЗМУ

3.1. Електричні заряди.....	107
3.1.1. Електризація через тертя.....	109
3.1.2. Електризація через вплив	109
3.1.3. Електризація під дією	109
3.2. Електричне поле	111
3.2.1. Електричне поле Землі	113
3.2.2. Поляризація діелектрика.....	113
3.2.3. Енергія заряджених тіл	116
3.3. Постійний електричний струм	118
3.3.1. Опір дроту	119
3.3.2. Надпровідність.....	120
3.3.3. Розподіл напруги в колі.....	122
3.4. Теплова дія струму	124
3.4.1. Контактне зварювання	125
3.4.2. Розрахунок нагрівальних приладів	126
3.4.3. Електрична провідка.....	126
3.5. Дія струму в різних середовищах.....	128
3.5.1. Первинні та вторинні процеси в електролізі.....	129
3.5.2. Випромінювання електронів нагрітими тілами	130
3.5.3. Застосування коронного розряду.....	130

3.5.4. Напівпровідникові фотоелементи	132
3.6. Основні магнітні явища	134
3.6.1. Полюси магніту та його нейтральна зона.....	135
3.6.2. Гіпотеза Ампера про елементарні електричні струми...	136
3.7. Магнітне поле	137
3.7.1. Дослід Ерстеда	138
3.7.2. Прилади для вимірювання напруженості магнітного поля.....	138
3.8. Магнітні поля електричних струмів.....	140
3.8.1. Магнітне поле прямолінійного струму і кругового витку. Правило буравчика	141
3.8.2. Магнітне поле рухомих зарядів	142
3.9. Магнітне поле Землі.....	143
3.9.1. Елементи земного магнетизму	144
3.9.2. Магнітні бурі	145
3.9.3. Сили Лоренца та полярні сьйва	146
3.10. Електромагнітна індукція.....	147
3.10.1. Електромагнітна індукція і сили Лоренца	148
3.10.2. Струми Фуко	149
3.11. Магнітні властивості тіл	150
3.11.1. Магнітна проникність заліза	151
3.11.2. Магнітний захист.....	152
3.11.3. Основи теорії феромагнетизму.....	153
3.12. Змінний струм	154
3.12.1. Осцилограф	155
3.12.2. Самоіндукція	155
3.12.3. Централізоване виробництво і розподіл електричної енергії	156
3.13. Завдання для самоконтролю	158

Розділ 4. МЕТОДИКА НАВЧАННЯ КОЛИВАНЬ І ХВИЛЬ

4.1. Механічні коливання	162
4.1.1. Коливання камертона	163
4.1.2. Пружні та крутильні коливання.....	164
4.2. Звукові коливання.....	166
4.2.1. Предмет акустики	167
4.2.2. Аналіз і синтез звука	167
4.2.3. Шуми	168
4.3. Електричні коливання.....	169
4.3.1. Методи спостереження	170
4.3.2. Аналогія з механічними коливаннями	171
4.4. Хвильові явища	173
4.4.1. Повздовжні хвилі у стовпі повітря.....	174
4.4.2. Хвилі на поверхні рідини	174
4.4.3. Перенесення енергії хвилями.....	176
4.5. Електромагнітні хвилі.....	177
4.5.1. Досліди Герца і Лебедєва.....	179

4.5.2. Електромагнітна теорія світла	181
4.6. Завдання для самоконтролю	184

Розділ 5. МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ОСНОВАМ ОПТИКИ

5.1. Геометрична оптика	187
5.1.1. Історія оптики	188
5.1.2. «Нічна труба» Ломоносова	192
5.1.3. Зір двома очима та сприйняття глибини	193
5.2. Фізична оптика	194
5.2.1. Пояснення кольорів тонких плівок. Інтерференція світла	195
5.2.2. Розподільна здатність оптичних приладів. Дифракція світла	197
5.2.3. Поляризоване світло. Поляріди	197
5.2.4. Будова рентгенівської трубки	199
5.2.5. Перші спроби визначення швидкості світла	200
5.2.6. Дисперсія світла. Кольорові тіла, насиченість кольорів	201
5.2.7. Колір неба і зір	202
5.2.8. Випромінювання тіл розжарювання. Чорне тіло	203
5.2.9. Оптична пірометрія	205
5.3. Дія світла	206
5.3.1. Дія світла на речовину	207
5.3.2. Люмінесцентний аналіз	209
5.3.3. Фотографія	210
5.3.4. Фотохімічна теорія зору	210
5.3.5. Тривалість зорового відчуття	211
5.3.6. Світло як форма матерії	213
5.4. Завдання для самоконтролю	215

Розділ 6. МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ОСНОВАМ АТОМНОЇ ФІЗИКИ

6.1. Будова атома	220
6.1.1. Вимушене випромінювання світла. Квантові генератори	221
6.1.2. Квантова механіка	223
6.2. Радіоактивність	224
6.2.1. Камера Вільсона	225
6.2.2. Природа радіоактивних променів	225
6.2.3. Прискорювачі	226
6.3. Атомні ядра і ядерна енергія	227
6.3.1. Джерело енергії зірок	228
6.3.2. Атомна і воднева бомби	229
6.3.3. Уранові реактори та їх використання	231
6.4. Елементарні частинки	233
6.4.1. Парадокс годинника	234
6.4.2. Космічні промені	236
6.5. Завдання для самоконтролю	237

Розділ 7. МЕТОДИКА НАВЧАННЯ СУЧАСНІЙ ФІЗИЧНІЙ КАРТИНІ СВІТУ

7.1. Альтернативні джерела енергії.....	239
7.1.1. Енергія води.....	240
7.1.2. Енергія вітру.....	241
7.1.3. Енергія Сонця.....	242
7.2. Фізика і генна інженерія.....	245
7.2.1. Фізика і генна інженерія.....	246
7.3. Фізика і нанотехнології.....	249
7.3.1. Фізика і нанотехнології.....	250
7.4. Завдання для самоконтролю.....	253

Розділ 8. УЗАГАЛЬНЕННЯ І СИСТЕМАТИЗАЦІЯ МАТЕРІАЛУ.....

254

ПИТАННЯ СЕМЕСТРОВОГО ЕКЗАМЕНУ.....	257
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	261
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	267
ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК.....	271

ПЕРЕДМОВА

Оновлення змісту і структури шкільного курсу фізики призводить до виникнення наукових проблем щодо модернізації дисципліни «Методика навчання фізики», який вивчають студенти вищих закладів освіти. Пріоритетність педагогічної професії полягає у вияві професійних, ключових і предметних компетенцій учителів фізики. Вища освіта України знаходиться на етапі розвитку і спрямування до західноєвропейських зразків. Національна освіта створює умови для самореалізації особистості, забезпечення потреб суспільства і держави у кваліфікованих фахівцях. Державна політика у сфері вищої освіти визначає її інтеграцію у світову, за умов збереження і розвитку досягнень і традицій української вищої школи.

Активними пошуками відповіді на питання про удосконалення та оновлення змісту і якості фізичної освіти займалися і займаються ряд учених-дослідників: Л.Ю. Благодаренко, О.І. Бугаєв, С.П. Величко, С.У. Гончаренко, В.Ф. Заболотний, О.І. Іваніцький, О.І. Ляшенко, М.Т. Мартинюк, Ю.М. Орищин, А.І. Павленко, М.І. Садовий, В.Д. Сиротюк, В.П. Сергієнко, Б.А. Сусь, В.Д. Шарко, М.І. Шут та інші.

Мета роботи співвідноситься з наслідками впровадження колективних інноваційних теоретичних, методичних та технологічних напрацювань щодо можливостей управління процесами формування дієвого педагогічного кредо (*прогнозованих професійних компетентностей та світогляду*) майбутнього учителя фізики, відображених у пропонованому інтелектуальному авторському продукті з теорії та методики навчання фізики.

Проблему результативного навчання кожного, хто навчається, варто трактувати як науку про оптимізацію та закономірності організації, контролю, управління такої навчально-пізнавальної діяльності, предмет котрої співвідноситься з процесами заданості корисних установок, прогнозованої міри обізнаності, власної системи цінностей, професійного компетентнісного та світоглядного досвіду. **Звісно ж, що в основі менеджменту якості підготовки фахівців має бути діяльність щодо формування предметних і професійних компетентностей у змодельованих та реальних фахових умовах (ця діяльність і є**

засобом виявлення міри досягнення прогнозованих результатів навчання).

Трактуючи якість як системну методологічну категорію, що відображає ступінь відповідності результату поставленій меті, легко окреслити траєкторію розв'язання вказаної проблеми — фахового становлення майбутнього вчителя фізики. Оскільки підготовка такого фахівця, — це одночасно набуття чітко прогнозованих мір обізнаності **з фізики та методики навчання фізики**, — то така бінарність (двоїстість) повинна бути закладена в систему його навчання. В даному, як і в попередніх, творах авторів ця інноватика сповна реалізована.

Методика навчання фізики складається із двох концернів: загальні і часткові питання.

Загальні питання методики навчання фізики ґрунтуються на педагогічних і психологічних засадах навчання майбутніх вчителів. Цей курс розкриває питання дидактики в контексті стандартизації і модернізації шкільного курсу фізики: оновлення змісту, критерії оцінювання рівня обізнаності учнів, модель фізичної освіти, інноваційні технології навчання, управління пізнавальним процесом тощо.

Часткові питання методики навчання фізики передбачають врахування вимог стандартів шкільного курсу фізики, і у професійній підготовці студентів, спрямовані на широке використання досягнень психології навчання і дидактики. Це уможлиблює активізацію навчально-пізнавальної діяльності, підвищення ефективності оволодіння знаннями у студентів. Навчальна дисципліна, умовно, складається з методики навчання фізики в основній школі і методики навчання фізики у старших класах.

Мета вивчення дисципліни методика навчання фізики в старших класах це є забезпечення і реалізація умов професійного становлення майбутнього учителя фізики старшої школи, формування його педагогічного кредо.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Методика навчання фізики у старших класах» є поглиблення компетентнісної і світоглядної підготовки майбутнього учителя фізики до рівня його готовності щодо методичних перебудов в умовах оновлення освітньої парадигми чи стандарту фізичної освіти. Це питання актуальне у наукових колах даної галузі і відкрите для розширення та оновлення.

Для розроблення, ідентифікації, співвіднесення, визнання, планування і розвитку кваліфікацій, упроваджується Національна рамка кваліфікацій. З метою «введення

європейських стандартів та принципів забезпечення якості освіти з урахуванням вимог ринку праці до компетентностей фахівців; забезпечення гармонізації норм законодавства у сфері освіти та соціально-трудових відносин; сприяння національному і міжнародному визнанню кваліфікацій, здобутих в Україні; налагодження ефективної взаємодії сфери освітніх послуг і ринку праці» [3, с.5], відзначаємо пріоритетність розроблення нової концепції організації і проведення практичних занять з методики навчання фізики у вищих закладах освіти з компетентнісним змістом.

В основу концепції організації і проведення практичних занять з методики навчання фізики покладені положення компетентнісного підходу у вищих освітніх закладах I-IV рівнів акредитації педагогічних спеціальностей. Теоретичні та практичні питання дослідження пройшли широку апробацію на численних міжнародних та всеукраїнських науково-методичних конференціях. Апробовані матеріали дослідження впроваджені в науково-методичній і навчально-практичній викладацькій діяльності на кафедрі методики викладання фізики та дисциплін технологічної освітньої галузі Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка та інших вищих педагогічних закладів України, Молдови та Росії.

ХАРАКТЕРИСТИКА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ФІЗИКИ У СТАРШИХ КЛАСАХ»

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить для денної форми навчання – 1 : 2,5.

Таблиця 1

Опис дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань шифр і назва Напрям підготовки 0402 Фізико-математичні науки	Нормативна	
Модулів – 4	Спеціальність (професійне спрямування): 7.04020301 Фізика*	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		1-й	—
Індивідуальне науково-дослідне завдання (ІНДЗ)		Семестр	
Загальна кількість годин – 180		1-й	—
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2, самостійної роботи студента – 5	Освітньо-кваліфікаційний рівень – спеціаліст	20 год.	—
		Практичні, семінарські	
		20 год.	—
		Лабораторні	
		40 год.	—
		Самостійна робота	
		80 год.	—
		Індивідуальні завдання:	
		20 год.	—
		Модульні контрольні роботи	
2	—		
Вид контролю:			
Екзамен	—		

Метою вивчення дисципліни є забезпечення і реалізація умов професійного становлення майбутнього учителя фізики старшої школи.

Завданням вивчення дисципліни «Методика навчання фізики у старших класах» є поглиблення компетентнісної і світоглядної підготовки майбутнього учителя фізики до рівня його готовності за умов методичних перебудов та оновлення освітньої парадигми чи стандарту фізичної освіти.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати: теоретичні і методичні основи навчання фізиці в старших класах; методичні особливості організації і проведення навчального фізичного експерименту.

Вміти: планувати, організовувати, удосконалювати та коригувати всі види навчальних занять та позакласної роботи з фізики; розв'язувати типові для старшої школи фізичні задачі, окреслені за дидактичними цілями діяльності вчителя; здійснювати управлінські впливи та навчально-пізнавальну діяльність учнів до рівня формування у них готовності до самоконтролю та самоосвіти у навчанні фізиці.

Таблиця 2

Самостійна робота студентів з дисципліни

№ з/п	Питання	К-ть год.	Форма контролю	Література
Методика навчання фізики у 10 класі				
1.	Методичні особливості вивчення теми «Температура та її вимірювання. Внутрішня енергія. Кількість теплоти. Принцип дії теплових двигунів».	4	Співбесіда, контрольна робота	Основна і додаткова
2.	Методичні особливості вивчення теми «Випаровування та конденсація. Насичені та ненасичені пари. Вологість повітря. Поверхневий натяг рідин. Капілярні явища».	4	Співбесіда, контрольна робота	Основна і додаткова
3.	Методичні особливості вивчення теми «Механічні властивості твердих тіл. Теплове розширення твердих тіл».	4	Співбесіда, контрольна робота	Основна і додаткова

Продовження таблиці 2

4.	Методичні особливості вивчення теми «Взаємодія заряджених тіл. Закон Кулона Електричне поле. Принцип суперпозиції полів».	4	Співбесіда, контрольна робота	Основна і додаткова
5.	Методичні особливості вивчення теми «Провідники у електричному полі. Діелектрики у електричному полі».	4	Співбесіда, контрольна робота	Основна і додаткова
6.	Методичні особливості вивчення теми «Робота електричного поля у переміщенні заряду. Різниця потенціалів. Електроємність. Конденсатори. Енергія електричного поля».	4	Реферат	Основна і додаткова
7.	Методичні особливості вивчення теми «Електричний струм. Закон Ома для ділянки кола. Електрорушійна сила. Закон Ома для повного кола».	4	Співбесіда	Основна і додаткова
8.	Методичні особливості вивчення теми «Надпровідність. Закони електролізу. Електричний струм у газах і вакуумі».	4	Співбесіда, контрольна робота	Основна і додаткова
9.	Методичні особливості вивчення теми «Напівпровідники. Електропровідність напівпровідників. Напівпровідниковий діод, транзистор».	4	Співбесіда, контрольна робота	Основна і додаткова
10.	Методичні особливості вивчення теми «Магнітна взаємодія струмів. Магнітне поле. Закон Ампера. Магнітні властивості речовини. Феромагнетизм».	4	Звіт	Основна і додаткова
40 год.				
Методика навчання фізики у 11 класі				
1.	Методичні особливості вивчення теми «Електромагнітна індукція. Магнітний потік. Закон електромагнітної індукції. Правило Ленца. Явище самоіндукції. Індуктивність. Енергія магнітного поля».	4	Співбесіда	Основна і додаткова
2.	Методичні особливості вивчення теми «Гармонічні коливання. Амплітуда, період і частота коливань. Перетворення енергії при гармонічних коливаннях. Вимушені коливання. Резонанс».	4	Співбесіда	Основна і додаткова

Продовження таблиці 2

3.	Методичні особливості вивчення теми «Поширення коливань у пружному середовищі. Поперечні та позовжні хвилі. Довжина хвилі».	4	Співбесіда	Основна і додаткова
4.	Методичні особливості вивчення теми «Звукові хвилі. Швидкість, гучність звуку та висота тону».	4	Співбесіда	Основна і додаткова
5.	Методичні особливості вивчення теми «Вільні електромагнітні коливання у контурі. Перетворення енергії у контурі. Електромагнітні хвилі. Випромінювання та прийом електромагнітних хвиль. Принцип радіозв'язку».	4	Звіт	Основна і додаткова
6.	Методичні особливості вивчення теми «Вимушені електричні коливання. Змінний струм. Максимальне, діюче та ефективне значення сили струму та напруги».	4	Співбесіда	Основна і додаткова
7.	Методичні особливості вивчення теми «Активний, індуктивний, ємнісний опори. Резонанс. Генератор змінного струму. Трансформатор».	4	Співбесіда	Основна і додаткова
8.	Методичні особливості вивчення теми «Прямолінійне поширення світла. Швидкість світла. Закони відбивання та заломлення світла. Лінза. Побудова зображень. Когерентність. Інтерференція. Дифракція. Дисперсія. Поляризація».	4	Контрольна робота	Основна і додаткова
9.	Методичні особливості вивчення теми «Випромінювання та поглинання світла. Спектри. Ядерна модель атома. Модель атома водню за Бором. Принцип відносності Ейнштейна».	4	Звіт	Основна і додаткова
10.	Методичні особливості вивчення теми «Методи реєстрації елементарних частинок. Радіоактивність. Ядерні реакції. Ядерний реактор. Термоядерна реакція. Біологічна дія радіоактивного випромінювання. Методи протирадіаційного захисту організму людини».	4	Співбесіда	Основна і додаткова
40 год.				

Метою індивідуальних науково-дослідних завдань (ІНДЗ) є самостійне вивчення частини програмного матеріалу, систематизація, поглиблення, узагальнення, закріплення та практичне застосування знань студента, майбутнього спеціаліста з навчальної дисципліни «Методика навчання фізики у старших класах» і розвиток навичок самостійної роботи.

Таблиця 3

Тематика ІНДЗ. Види творчої науково-методичної діяльності

№ з/п	Тема	К-сть год.	Форма контролю
1.	Опрацювання літератури за обраною темою.	9	Співбесіда
2.	Накопичення методичних матеріалів з теми дослідження.	1	Співбесіда
3.	Обговорення і захист вироблених проєктів.	1	Співбесіда
4.	Коригування теми дослідження.	1	Співбесіда
5.	Систематизація накопиченого матеріалу.	1	Розробки
6.	Вироблення методики педагогічних спостережень, анкетувань, інтерв'ю та локального експерименту.	1	Науково-методичні розробки
7.	Апробація результатів пошукової і дослідницької діяльності.	1	Представлення результатів
8.	Обговорення і захист виконаних розробок.	1	Співбесіда
9.	Вироблення остаточної версії плану науково-методичної розробки.	1	Співбесіда
10.	Продовження досліджень за обраною темою.	1	Співбесіда
11.	Виконання остаточної версії (курсова робота, наукова публікація, робота на конкурс) науково-методичного проєкту.	1	Вивчення науково-методичного проєкту
12.	Експертна оцінка якості виконання проєкту.	1	Вивчення проєкту. Оцінювання
Всього:		20 год.	

Нормативна дисципліна «Методика навчання фізики у старших класах» складається з двох модулів, у ході яких студенти мають змогу сумарно отримати від 18 до 30 балів. Нарахування вказаних балів відбувається таким чином:

1-й модуль: за поточний контроль студент може отримати від 13 до 22 балів; за написання МКР від 3 до 5 балів; самостійної роботи і ІНДЗ від 2 до 3 балів.

II-й модуль: за поточний контроль студент також може отримати від 13 до 22 балів; за виконання МКР від 3 до 5 балів, самостійної роботи і ІНДЗ від 2 до 3 балів.

Однак виконання кожного з вище зазначених видів діяльності, яке оцінюється викладачем нижче ніж на 60% від максимального балу вважається незадовільним та не зараховується. Такий незадовільно оцінений вид діяльності не може перекриватися балами отриманими за інші завдання (хоча й сумарна кількість дозволить отримати студенту позитивну оцінку).

Програмою даної дисципліни передбачено написання модульної контрольної роботи яка може бути оцінена викладачем у межах від 9 до 15 балів залежно від рівня розв'язку поставлених завдань. Тому сумарна рейтингова оцінка з навчальної дисципліни, яку студент може отримати до складання іспиту може коливатися в межах від 24 до 40 балів.

Якщо екзаменатор під час відповіді студента переконався у вільному володінні ним понятійно-категоріальним апаратом даної дисципліни та чітким розумінням суті сказаного може оцінити його від 24 до 40 балів (однак не нижче 60% від максимального балу відведеного на іспит).

Оцінка «відмінно»

Виставляється у тому випадку, коли студент вільно й у повному обсязі оволодів програмним матеріалом курсу; долучив до своїх теоретичних знань конкретні уміннями та навичками методичного чи прикладного характеру; отримав точні і достовірні кінцеві результати (обрахунки) практичних завдань.

Студент у ході відповіді демонстрував обізнаність у міжгалузевих (міждисциплінарних) проблемах; наводив приклади із суміжних наук; спирався на додаткові літературні джерела чи періодичні видання; висловлював власні думки щодо наявних у науці дискусійних оцінок, поглядів, суджень, міркувань та в сумарній кількості з іспитом та рейтинговою оцінкою з навчальної дисципліни отримує більше ніж 90 балів.

Оцінка «добре»

Оцінка «добре» відрізняється від оцінки «відмінно» тим, що студент допускав у відповіді окремі помилки і неточності у вищезазначених позиціях оцінювання, які, загалом, не вплинули суттєво на рівень його загальних знань теоретичного, методичного чи прикладного (практичного) характеру, а в сумарній кількості з іспитом та рейтинговою оцінкою з навчальної дисципліни отримує від 75 до 89 балів.

Узгодження критеріїв успішності студентів з навчальної дисципліни МФ у старших класах

Рейтингова оцінка з кредитного модуля	Оцінка за шкалою ECTS	Рекомендовані системою ECTS статистичні значення (у %)	Екзаменаційна оцінка за національною шкалою
90-100 і більше	A (відмінно)	10	Відмінно
82-89	B (дуже добре)	25	Добре
75-81	C (добре)	30	
67-74	D (задовільно)	25	Задовільно
60-66	E (достатньо)	10	
35-59	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)		Незадовільно
34 і менше	F (незадовільно з обов'язковим проведенням додаткової роботи щодо вивчення навчального матеріалу кредитного модуля)		

Оцінка «задовільно»

Оцінка «задовільно» ставиться студенту тоді, коли він погано засвоїв теоретичні положення науки; неправильно трактував (або вживав) поняття, терміни, категорії; невірно послуговувався уміннями і навичками методичного чи прикладного характеру; помилково обрахував практичні завдання.

Поряд з цим, проявилась необізнаність студента у міжгалузевих (міждисциплінарних) проблемах, додаткових літературних джерелах або періодичних виданнях. Загалом, студент продемонстрував мінімальні знання, які, поряд з цим, дозволяють йому у майбутньому виконувати свої фахові функції та в сумарній кількості з іспитом і рейтинговою оцінкою з навчальної дисципліни отримує від 60-74 балів.

Оцінка «незадовільно»

Оцінка «незадовільно» ставиться студенту тоді, коли він не засвоїв теоретичних положень науки; не знає понять, термінів і категорій; не послуговується уміннями і навичками методичного чи прикладного характеру; не вміє вирішувати практичні завдання або здійснює розрахунки зі значними похибками.

У ході відповіді студент, загалом, не проявив ніякого розуміння сутності явищ, процесів, відношень, взаємодій, що не дозволяє йому у майбутньому виконувати свої фахові функції та в сумарній кількості з іспитом і рейтинговою оцінкою з навчальної дисципліни отримує менше ніж 60 балів.

Загалом, організація і проведення практичних занять з дисципліни з «Методики навчання фізики у старших класах» розпочинається в першому семестрі навчання майбутнього спеціаліста і вчителя фізики із спеціальності 7.04020301 Фізика*. Заняття мають на меті сформулювати усі кваліфікаційні рівні підготовки учителя-предметника для стандартної підготовки учнів старших класів до вивчення шкільної фізики.

Завдання практичного курсу: опанування методологією здобування професійних знань і типами пошуково-пізнавальної діяльності; формування готовності до методичних перебудов з шкільної фізики у старших класах; становлення компетентнісних якостей учителя фізики старших класів за рівнем підготовки — стандарт.

Таблиця 5

ЦІЛЬОВА БІНАРНА ПРОГРАМА З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ МНФ У СТАРШИХ КЛАСАХ

Назва навчального матеріалу / Розділу	Рівень успішності з ШКФ	Рівень успішності з МНФ
Розділ 1. Методика навчання основ класичної механіки		
1.1. Кінематика		
1.1.1. Поступальний і обертальний рухи	ПВЗ	УЗЗ
1.1.2. Криволінійний рух	РГ	УЗЗ
1.1.3. Кінематика космічних рухів	РГ	ПВЗ
1.2. Динаміка		
1.2.1. Закон інерції. Другий закон Ньютона	ПВЗ	УЗЗ
1.2.2. Закон збереження імпульсу	ПВЗ	УЗЗ
1.2.3. Падіння тіл у повітрі	РГ	УЗЗ
1.3. Статика		
1.3.1. Абсолютно тверде тіло	РГ	УЗЗ
1.3.2. Різні випадки рівноваги тіла під дією сили тяжіння	ПВЗ	УЗЗ
1.3.3. Прості машини	РГ	УЗЗ
1.4. Робота і енергія		
1.4.1. Застосування «золотого правила механіки»	ПВЗ	УЗЗ
1.4.2. Принцип збереження роботи	РГ	УЗЗ
1.4.3. Загальний характер закону збереження енергії	РГ	УЗЗ

1.5. Гідростатика		
1.5.1. «Нестискувана» рідина	РГ	УЗЗ
1.5.2. Тиск води на морській глибині	РГ	ПВЗ
1.5.3. Випливання плузирів	РГ	УЗЗ
1.6. Аеростатика		
1.6.1. Досліди, які доводять існування атмосфери	ПВЗ	УЗЗ
1.6.2. Фізіологічна дія пониженого тиску повітря	РГ	ПВЗ
1.6.3. Повітряні кулі та дирижабль	РГ	ПВЗ
1.7. Гідро- і аеродинаміка		
1.7.1. Переміщення у воді	РГ	УЗЗ
1.7.2. Політ ракети з Землі	РГ	ПВЗ
1.7.3. Турбулентність у потоці рідини чи газу	РГ	ПВЗ
Розділ 2. Методика навчання основ теплоти і молекулярної фізики		
2.1. Теплове розширення твердих і рідких тіл		
2.1.1. Теплове розширення твердих і рідких тіл	ПВЗ	УЗЗ
2.1.2. Формула об'ємного розширення	РГ	УЗЗ
2.1.3. Особливості розширення води	РГ	ПВЗ
2.2. Робота і теплота		
2.2.1. Калорія	РГ	УЗЗ
2.2.2. Принцип збереження енергії	РГ	УЗЗ
2.2.3. «Вічний двигун»	ПВЗ	П
2.3. Молекулярно-кінетична теорія		
2.3.1. Мікросвіт	ПВЗ	П
2.3.2. Молекулярний рух у газах, рідинах, твердих тілах	ПВЗ	П
2.3.3. Молекулярні сили	РГ	УЗЗ
2.4. Властивості газів		
2.4.1. Залежність тиску газу від температури	ПВЗ	УЗЗ
2.4.2. Закон Дальтона	РГ	УЗЗ
2.4.3. Правило Дюлонга і Пті	РГ	ПВЗ
2.5. Властивості рідин		
2.5.1. Розміщення молекул у поверхні тіл	РГ	УЗЗ
2.5.2. Адсорбція і флотация	РГ	ПВЗ
2.5.3. Розчинення твердих тіл у рідинах	РГ	УЗЗ
2.6. Властивості твердих тіл		
2.6.1. Зміна густини речовини в процесі плавлення	ПВЗ	УЗЗ

Продовження таблиці 5

2.6.2. Полімери і сплави	РГ	ПВЗ
2.6.3. Охолоджені суміші	РГ	ПВЗ
2.7. Властивості пари		
2.7.1. Охолодження під час випаровування	РГ	П
2.7.2. Випаровування на кривих поверхнях рідин	РГ	ПВЗ
2.7.3. Вакуумна техніка	РГ	УЗЗ
2.8. Фізика атмосфери	РГ	УЗЗ
2.8.1. Хмароутворення	РГ	ПВЗ
2.8.2. Штучні опади	РГ	ПВЗ
2.8.3. Передбачення погоди	РГ	ПВЗ
Розділ 3. Методика навчання основам електрики і магнетизму		
3.1. Електричні заряди		
3.1.1. Електризація через тертя	ПВЗ	УЗЗ
3.1.2. Електризація через вплив	ПВЗ	УЗЗ
3.1.3. Електризація під дією світла	ПВЗ	УЗЗ
3.2. Електричне поле		
3.2.1. Електричне поле Землі	ПВЗ	П
3.2.2. Поляризація діелектрика	РГ	УЗЗ
3.2.3. Енергія заряджених тіл	ПВЗ	П
3.3. Постійний електричний струм		
3.3.1. Опір проволони	ПВЗ	УЗЗ
3.3.2. Надпровідність	РГ	УЗЗ
3.3.3. Розподіл напруги в колі	ПВЗ	П
3.4. Теплова дія струму		
3.4.1. Контактне зварювання	РГ	ПВЗ
3.4.2. Розрахунок нагрівальних приладів	РГ	УЗЗ
3.4.3. Електрична проводка	РГ	УЗЗ
3.5. Дія струму в різних середовищах		
3.5.1. Первинні та вторинні процеси в електролізі	РГ	ПВЗ
3.5.2. Випромінювання електронів нагрітими тілами	РГ	ПВЗ
3.5.3. Застосування коронного розряду	РГ	УЗЗ
3.5.4. Напівпровідникові фотоелементи	РГ	ПВЗ
3.6. Основні магнітні явища		
3.6.1. Полюси магніту та його нейтральна зона	ПВЗ	П
3.6.2. Гіпотеза Ампера про елементарні електричні струми	РГ	П

3.7. Магнітне поле		
3.7.1. Дослід Ерстеда	ПВЗ	П
3.7.2. Прилади для вимірювання напруженості магнітного поля	УЗЗ	П
3.8. Магнітні поля електричних струмів		
3.8.1. Магнітне поле прямолінійного струму і кругового витку. Правило буравчика	ПВЗ	П
3.8.2. Магнітне поле рухомих зарядів	ПВЗ	УЗЗ
3.9. Магнітне поле Землі		
3.9.1. Елементи земного магнетизму	РГ	УЗЗ
3.9.2. Магнітні бурі	РГ	ПВЗ
3.9.3. Сили Лорентца та полярні сійва	РГ	ПВЗ
3.10. Електромагнітна індукція		
3.10.1. Електромагнітна індукція і сили Лорентца	ПВЗ	УЗЗ
3.10.2. Струми Фуко	ПВЗ	УЗЗ
3.11. Магнітні властивості тіл		
3.11.1. Магнітна проникність заліза	РГ	УЗЗ
3.11.2. Магнітний захист	РГ	УЗЗ
3.11.3. Основи теорії феромагнетизму	РГ	ПВЗ
3.12. Змінний струм		
3.12.1. Осцилограф	РГ	УЗЗ
3.12.2. Самоіндукція	ПВЗ	УЗЗ
3.12.3. Централізоване виробництво і розподіл електричної енергії	РГ	П
3.13. Електричні машини		
3.13.1. Трифазний струм	РГ	ПВЗ
3.13.2. Електромагніти	ПВЗ	УЗЗ
Розділ 4. Методика навчання коливань і хвиль		
4.1. Механічні коливання		
4.1.1. Коливання камертона	РГ	УЗЗ
4.1.2. Пружні та крутильні коливання	РГ	УЗЗ
4.2. Звукові коливання		
4.2.1. Предмет акустики	РГ	ПВЗ
4.2.2. Аналіз і синтез звука	РГ	УЗЗ
4.2.3. Шуми	РГ	УЗЗ
4.3. Електричні коливання		
4.3.1. Методи спостереження	УЗЗ	П
4.3.2. Аналогія з механічними коливаннями	УЗЗ	П
4.4. Хвильові явища		
4.4.1. Повздовжні хвилі у стовпі повітря	РГ	УЗЗ

Продовження таблиці 5

4.4.2. Хвилі на поверхні рідини	ПВЗ	УЗЗ
4.4.3. Перенесення енергії хвилями	ПВЗ	УЗЗ
4.5. Електромагнітні хвилі		
4.5.1. Досліди Герца і Лебедєва	ПВЗ	П
4.5.2. Електромагнітна теорія світла	РГ	П
Розділ 5. Методика навчання основам оптики		
5.1. Геометрична оптика		
5.1.1. Історія оптики	РГ	Н
5.1.2. «Нічна труба» Ломоносова	РГ	ПВЗ
5.1.3. Зір двома очима та сприйняття глибини	РГ	УЗЗ
5.2. Фізична оптика		
5.2.1. Пояснення кольорів тонких плівок. Інтерференція світла	РГ	УЗЗ
5.2.2. Розподільна здатність оптичних приладів. Дифракція світла	ПВЗ	УЗЗ
5.2.3. Поляризоване світло. Поляріди	ПВЗ	УЗЗ
5.2.4. Будова рентгенівської трубки	РГ	УЗЗ
5.2.5. Перші спроби визначення швидкості світла	РГ	П
5.2.6. Дисперсія світла. Кольорові тіла, насиченість кольорів	ПВЗ	УЗЗ
5.2.7. Колір неба і зір	РГ	П
5.2.8. Випромінювання тіл розжарювання. Чорне тіло	РГ	УЗЗ
5.2.9. Оптична пірометрія	РГ	УЗЗ
5.3. Дія світла		
5.3.1. Дія світла на речовину	РГ	УЗЗ
5.3.2. Люмінесцентний аналіз	РГ	ПВЗ
5.3.3. Фотографія	РГ	УЗЗ
5.3.4. Фотохімічна теорія зору	РГ	П
5.3.5. Тривалість зорового відчуття	РГ	УЗЗ
5.3.6. Світло як форма матерії	ПВЗ	П
Розділ 6. Методика навчання основам атомної фізики		
6.1. Будова атома		
6.1.1. Вимушене випромінювання світла. Квантові генератори	РГ	ПВЗ
6.1.2. Квантова механіка	РГ	РГ
6.2. Радіоактивність		
6.2.1. Камера Вільсона	РГ	УЗЗ
6.2.2. Природа радіоактивних променів	РГ	ПВЗ
6.2.3. Прискорювачі	РГ	ПВЗ

6.3. Атомні ядра і ядерна енергія		
6.3.1. Джерело енергії зірок	РГ	ПВЗ
6.3.2. Атомна і воднева бомби	РГ	ПВЗ
6.3.3. Уранові реактори та їх використання	ПВЗ	УЗЗ
6.4. Елементарні частинки		
6.4.1. Парадокс годинника	РГ	П
6.4.2. Космічні промені	РГ	ПВЗ
Розділ 7. Методика навчання сучасній фізичній картині світу		
7.1. Альтернативні джерела енергії		
7.1.1. Енергія води	РГ	П
7.1.2. Енергія вітру	РГ	П
7.1.3. Енергія Сонця	РГ	П
7.2. Фізика і генна інженерія	РГ	П
7.3. Фізика і нанотехнології	РГ	П
Розділ 8. Узагальнення і систематизація матеріалу	УЗЗ	П

Розділ 1

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ОСНОВ КЛАСИЧНОЇ МЕХАНІКИ

1.1. Кінематика

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

1 (РГ). Що вивчає механіка? Навести приклади механічних явищ у природі.

2 (РГ). Які ідеалізовані моделі та поняття зустрічаються в шкільному курсі механіки?

3 (ПВЗ). Запропонуйте прилад, який демонструє різні види траєкторій механічного руху.

4 (ПВЗ). Чи існує поняття «об'єктивна реальність»?

5 (ПВЗ). У скільки разів треба збільшити початкову швидкість кинутого вгору тіла, щоб висота піднімання збільшилась удвічі?

План:

1.1.1. Поступальний і обертальний рухи.

1.1.2. Криволінійний рух.

1.1.3. Кінематика космічних рухів.

Навчально-методичні завдання:

1 (УЗЗ). Описати методичні рекомендації розв'язувати і складати фізичні задачі з кінематики для учнів.

2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики:

а) Траєкторія, шлях, переміщення;

б) Середня та миттєва швидкості руху тіла;

в) Графіки руху тіла.

3 (УЗЗ). Проаналізувати й встановити міжпредметні зв'язки розділу механічні явища з математикою. Розробити узагальнюючу методичну блок-схему.

4 (П). Описати евристичну ситуацію сценарію уроку із використання фізичних парадоксів і софізмів на тему «Відносність руху».

1.1.1. Поступальний і обертальний рухи

Вчитель демонструє прямолінійний рух досить великого бруска (картонної коробки), на якому виділяють дві-три точки. Розглядаючи названі приклади, підводимо учнів до висновків, що в кожному випадку всі точки одного й того самого тіла рухаються однаково, тобто описують однакову траєкторію, проходять однаковий шлях, мають однакову швидкість.

Отже, встановлена властивість може бути характеристикою певного виду механічного руху, названого поступальним (рис. 1.1), яка дає можливість за рухом будь-якої точки тіла робити висновок про механічний рух усього тіла.



AB, BC – поступальний рух

Рис. 1.1. Поступальний рух

Учніям доцільно дати й другу ознаку поступального руху: будь-яка пряма, уявно проведена в тілі, залишається паралельною сама собі під час такого руху. Звертаємо увагу учнів, що перше означення спирається на фізичну основу явища, але за другим іноді легше «впізнати» поступальний рух.

Обертальний рух – це такий рух тіла, коли всі його точки описують концентричні дуги, центри яких лежать на прямій, що називається віссю обертання. Дуги ці розміщені в площинах, перпендикулярних до осі обертання (рис. 1.2).

Звертаємо увагу на те, що вісь обертання може проходити через обертове тіло, а може бути й поза ним.

Наприклад, шпindel токарно-гвинторізного верстата має осьову порожнину для розміщення в ній обточуваних довгих прутків і стержнів. Під час роботи верстата шпindel обертається навколо осі, яка є геометричною віссю цієї порожнини. Так само колесо воза обертається навколо осі, на яку воно насажене.

Треба показати учням, у чому полягає відмінність між обертальним і поступальним рухами. Можливі випадки, коли окремі точки тіла, рухаючись, описують дуги, але рух тіла залишається поступальним.

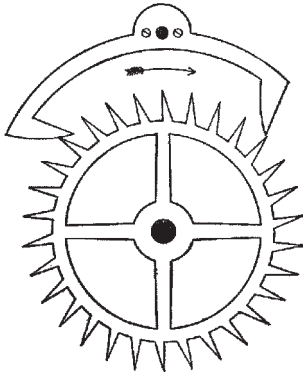


Рис. 1.2. Обертальний рух колес

Обладнання: прилад для вивчення законів кінематики і динаміки, метроном (або саморобний лічильник часу, візочок і лінійка трибометра), набір важків до 20 г, вимірювальна лінійка, динамометр.

4. Дістати задане переміщення бруска за даний час.

Брусок приводять у рівноприскорений рух на горизонтальній поверхні за допомогою важка, який падає. Для відліку часу (1 с) використовують або метроном, або інший лічильник часу (у першому випадку задається переміщення 0,8 м, у другому — 0,4 м).

Обладнання: трибометр, метроном чи лічильник часу.

Розв'язати фізичні завдання на уміння:

1. Дістати рівномірний рух системи тіл із заданою швидкістю, наприклад, 0,3 м/с.

2. Запустити візочок із наперед заданим прискоренням, наприклад, з прискоренням 0,2 м/с².

3. Зробити такий рівноприскорений рух, щоб візочок за даний час здійснив задане переміщення, наприклад, за 0,75 с перемістився на 0,3 м.

1.1.2. Криволінійний рух

Вивчення криволінійного руху обмежують розглядом його часткового випадку — рівномірного руху матеріальної точки по колу (рис. 1.3). Новими поняттями, з якими в цій темі зустрічаються учні, є період і частота обертання, інші поняття вже відомі учням, але їх загальний зміст необхідно конкретизувати до даного виду руху.

Такий дедуктивний підхід до розгляду понять доцентрового прискорення, миттєвої швидкості як до величин, які характеризуються зміною іншої величини за одиницю часу, дасть змогу краще усвідомити зміст основних понять кінематики, що сприятиме системності знань.

Розв'язати завдання:

1 (ПВЗ). Чому, помітивши відмінність у періодах обертання різних ділянок дисків Сонця та Сатурна, астрономи дійшли висновку, що ці тіла не можуть бути твердими?

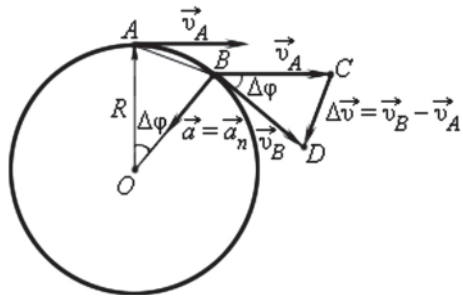


Рис. 1.3. Криволінійний рух

2 (УЗЗ). Колесо рівномірно обертається навколо своєї осі. Побудуйте графіки залежності швидкостей і прискорень точок колеса від відстані до осі обертання.

3 (ПВЗ). В автомобілі зчеплені між собою два зубчасті колеса з числами зубців 20 та 80 відповідно. Чи однакові швидкості мають зубці обох коліс під час обертання? Які періоди обертання коліс?

4 (ПВЗ). На столі лежить котушка з нитками, половини яких уже використали для шиття. Чи можна, потягнувши за нитку, примусити котушку котитись: а) до нас; б) від нас? Відповідь обґрунтуйте.

5 (УЗЗ). У Мехіко прискорення вільного падіння майже на 0,5% менше, ніж у Осло. Наскільки це збільшує відстань стрибка та далекість кидка спортсменів? (на 0,5%).

1.1.3. Кінематика космічних рухів

Першим кроком у космос є політ навколо Землі на великій висоті. Розглянемо питання про рух штучних супутників Землі. Штучні супутники рухаються поза земної атмосфери, і на них діє лише сила тяжіння з боку Землі. Залежно від початкової швидкості, траєкторія космічного тіла може бути різною. Розглянемо лише випадок руху штучного супутника за круговою навколорізною орбітою. Такі супутники літають на висотах 200–300 км, і можна наближено прийняти відстань до центру Землі рівною її радіусу. Тоді доцентрове прискорення супутника, яке надає йому сила тяжіння, приблизно дорівнює прискоренню вільного падіння g . Цю швидкість називають першою космічною швидкістю. Першою космічною швидкістю називають швидкість польоту по коловій орбіті радіуса, що дорівнює радіусу земної кулі. Записавши для такого колового руху другий закон Ньютона отримаємо: $V_1 = \sqrt{gR_3} \approx 7,9$ км/с.

Другим кроком у космос є подолання сил земного тяжіння. Другою космічною швидкістю називають швидкість, яку повинно мати тіло біля поверхні Землі для того, щоб вийти за межі земного тяжіння. Записавши закон збереження повної механічної енергії та знехтувавши роботою сил опору середовища отримаємо:

$$mV_2^2 - GM \frac{m}{R_3} = 0, \text{ звідки } V_2 = \frac{2gR_3}{2} \approx 11,2 \text{ км/с.}$$

Третім кроком у космос є подолання сил тяжіння Сонця – зорі Сонячної системи. Третьою космічною швидкістю називають швидкість, необхідну для того, щоб тіло, яке запускають із земної поверхні, могло вийти за межі Сонячної системи. Незручність цього визначення полягає в тому, що в залежності від напрямку запуску космічного апарату (у напрямку обертання Землі навколо Сонця, чи в протилежному до напрямку руху Землі по орбіті навколо Сонця) числове значення V_3 змінюється від 16,5 км/с до 72 км/с.

Додаткова тематика для диспути:

1. Рух відносно різних систем відліку.
2. Прискорення в криволінійному русі.
3. Відносність руху і спокою.
4. Космічна механіка.
5. Миттєва і середня швидкості.
6. Кутова і лінійна швидкості.
7. Траєкторія, шлях, переміщення.

8. Англійська міра довжини.
9. Клепсидра і пісочний годинник.
10. Морський вузол і світовий рік.
11. Метод Олафа Рьомера про визначення швидкості світла в космосі.
12. Радіолокаційні спостереження планет.

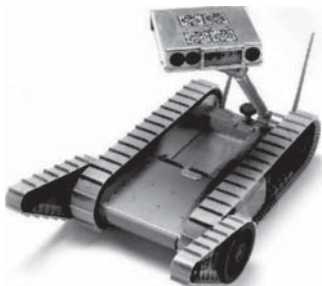


Рис. 1.4. Макет «марсоходу»

У вивченні руху космічного корабля і, взагалі, космічних тіл – планет, Місяця, зірок – не може бути, звичайно, мови про безпосередню розмітку траєкторії. Єдиний спосіб вимірювання відстані до космічного корабля (і, взагалі, визначення його положення) – це передача сигналів, які можуть поширюватися в космічному просторі, тобто світлових сигналів і радіосигналів.

Наприклад, можна спостерігати космічний корабель або планету в телескоп, або виробляти радіолокаційні спостереження планет, або приймати сигнали, передані космічним кораблем (рис. 1.4).

На Землі ми також користуємося світловими сигналами (спостереження рухомого тіла простим оком, фотографування) і радіосигналами (радіолокація).

Але між спостереженнями в межах земних відстаней і спостереженнями на величезних дистанціях у космосі, є важлива кількісна різниця.

Дійсно, так як кожен сигнал вимагає певного часу для свого поширення від рухомого тіла до спостерігача, то у той час, коли ми проводимо спостереження рухомого тіла, воно виявляється вже в іншому місці: спостереження події запізнюється стосовно моменту, коли подія відбулася, і дорівнює зміні часу пробігу сигналу від рухомого тіла до спостерігача.

1.2. Динаміка

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

1 (РГ). Що вивчає динаміка? Навести приклади різних взаємодій тіл у природі.

2 (РГ). Які ідеалізовані моделі та поняття зустрічаються у вивченні динаміки?

3 (ПВЗ). Які досліди ілюструють явища інерції та взаємодії тіл?

4 (ПВЗ). Чому сила тяжіння змушує предмети падати на землю, а відцентрова сила – утримує планети на їх орбітах?

5 (ПВЗ). Як інерційні сили, спричинені відцентровими процесами, віджимають воду з мокрої білизни в барабані пральної машини?

План:

1.2.1. Закон інерції. Другий закон Ньютона.

1.2.2. Закон збереження імпульсу.

1.2.3. Падіння тіл у повітрі.

Навчально-методичні завдання:

1 (УЗЗ). Скласти перелік основних світоглядних положень з тем «Основи динаміки» та «Взаємодія тіл».

2 (П). Спроекувати, підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики, провести фрагмент:

а) Момент сили. Умови рівноваги важеля;

б) Сила пружності. Закон Гука;

в) Сила тяжіння. Закон Всесвітнього тяжіння;

г) Атмосферний тиск. Залежність тиску атмосфери від висоти;

д) Сила тертя. Види тертя.

3 (УЗЗ). Проаналізувати й встановити нові внутрі предметні зв'язки розділу «Взаємодія тіл», розробити узагальнюючу методичну блок-схему.

4 (П). Сконструювати фізичну установку для демонстрації руху тіла під кутом до горизонту.

5 (УЗЗ). Використовуючи другий закон Ньютона, пояснити чому падіння на замерзлу землю небезпечніше, ніж таке ж падіння на рихлий сніг. Чому можна залишитись непошкодженим, коли стрибати з висоти декількох поверхів на брезент?

1.2.1. Закон інерції. Другий закон Ньютона

Твердження, що перший закон Ньютона є окремим випадком другого закону Ньютона за умови, коли рівнодійна всіх сил, що діють на тіло, дорівнює нулю, неправильне. Саме перший закон Ньютона найбільш універсальний закон, пов'язаний не із специфічними властивостями тих чи інших тіл, а з фундаментальними властивостями простору й часу: з однорідністю й ізотропністю простору й однорідністю часу. За цим законом ми можемо стверджувати: в якій би точці простору не знаходилося дане тіло (що свідчить про відсутність якоїсь виняткової ділянки простору) у довільно вибраний момент часу, воно перебуватиме в спокої або в рівномірно прямолінійному русі відносно тіла відліку, якщо рівнодійна сил, що діє на нього, дорівнює нулю.

Але оскільки справедливість цього твердження експериментально доводять тільки відносно системи відліку «Земля» і систем, що рухаються прямолінійно і рівномірно відносно Землі, то перший закон Ньютона, разом з тим, виділяє, з усіх існуючих у природі систем відліку, певну групу систем, які називаються інерціальними системами відліку.

Універсальність першого закону полягає і в тому, що він може бути застосований як до небесних тіл, так і до елементарних частинок.

Розв'яжіть завдання:

- 1 (ЗЗ). Сформулювати другий закон Ньютона.
- 2 (ЗЗ). Записати формулу закону.
- 3 (РГ). Від чого залежить прискорення руху і яка це залежність?
- 4 (РГ). Чи залежить сила від маси тіла і його прискорення? Якщо ні, то від чого вона залежить?
- 5 (УЗЗ). Описати, як за допомогою другого закону динаміки розв'язати пряму і обернену задачу механіки.

6 (ПВЗ). У чому полягає принцип відносності стосовно до другого закону Ньютона?

7 (УЗЗ). Що спільне ви можете сказати про перший і другий закони Ньютона?

Взаємопов'язаною основою більшості понять кінематики і динаміки виступають механічні задачі прикладного характеру. Учні добре запам'ятовують послідовність операцій, що призводить до розв'язання основної задачі механіки. Учитель зупиняється на з'ясуванні ланцюга величин, що лежать в основі оберненої задачі механіки, а саме, як, знаючи рух тіла, визначити діючі на нього сили. Учні записують новий ланцюг: координати тіла \rightarrow переміщення \rightarrow швидкість \rightarrow прискорення \rightarrow сила.

1.2.2. Закон збереження імпульсу

Для обчислення траєкторії космічного корабля немає потреби знати, як змінюється його швидкість у момент відокремлення ступенів ракети-носія, але слід обчислити кінцеву швидкість.

Досліджуючи взаємодії елементарних частинок за заданими початковими швидкостями частинок, визначають лише ті швидкості, яких набувають частинки після зіткнень.

Очевидно, що в усіх цих і подібних випадках немає потреби враховувати всі особливості руху тіл під час взаємодії, тим більше, що це виявляється занадто складною, а іноді й неможливою справою. У таких випадках для розв'язування задач механіки застосовують висновки із законів Ньютона, які являють собою певну видозміну другого закону Ньютона. Але для цього замість сил і прискорень вводять нові фізичні величини — імпульс (кількість руху) і енергію.

Розв'язати завдання:

1 (УЗЗ). Дві однакові кульки після пружного зіткнення зі стінкою відлітають з однаковими швидкостями, але одна — під кутом 30° , а друга — під кутом 60° до стінки. Порівняти сили, які діють на кульки під час зіткнення з стіною?

2 (ПВЗ). На кінцях човна сидять дві людини різної маси. Люди помінялись місцями. Чи змінилось положення: а) центра мас системи; б) корми човна?

3 (ПВЗ). Чи залежить тяга реактивного двигуна ракети від: а) швидкості ракети; б) маси ракети; в) швидкості викидання газів; г) температури в камері згорання?

4 (РГ). Як зміниться тяга двигуна, якщо щосекундна витрата пального збільшиться в k раз?

5 (РГ). Чи рухається вгору метеорологічна ракета зі сталим прискоренням, якщо сила тяги її двигуна стала?

6 (ПВЗ). Коли ракета досягне більшої висоти: під час повільного згорання пального відсіку чи тоді, коли воно згорає майже відразу?

7 (ПВЗ). Половина сферичного супутника Сонця – дзеркальна, друга половина – чорна. Якою стороною він буде повернутий до Сонця внаслідок дії сонячного випромінювання?

8 (УЗЗ). Порівняйте кінцеву швидкість корисного вантажу, якщо: а) його запускають за допомогою двох ракет, двигуни яких працюють одночасно; б) його запускають за допомогою двох ракет, двигуни яких працюють один після другого, послідовно?

1.2.3. Падіння тіл у повітрі

Вивчення матеріалу починається з дослідів.

Дослід 1. Випускаємо з рук два тіла, легке і важке, об'ємне і компактне, наприклад, пір'їну та гумку. Учні наперед можуть сказати, яке тіло впаде раніше. «Чи завжди таке буває?» — запитує вчитель. Учні дають ствердну відповідь.

Дослід 2. Показуємо падіння тіл у трубіці Ньютона з викачаним повітрям. Учні переконуються, що кожне з трьох тіл витрачає на падіння однаковий час, незалежно від власної маси. Причину розбіжності результатів двох дослідів учні пояснити не можуть.

Дослід 3. Відкриваємо кран у трубіці, учні чують, як повітря з шипінням надходить у трубку. Демонструємо падіння тіл у трубіці з повітрям. Учні бачать, що тепер час падіння тіл неоднаковий. Дехто здогадується, що причиною цього є наявність повітря. Пояснюємо явище вільного падіння тіл, коротко знайомимо з історією його відкриття.

У тому, що вільне падіння — рівноприскорений рух, переконує дослід, де застосовано стробоскопічний метод фіксації положення тіла.

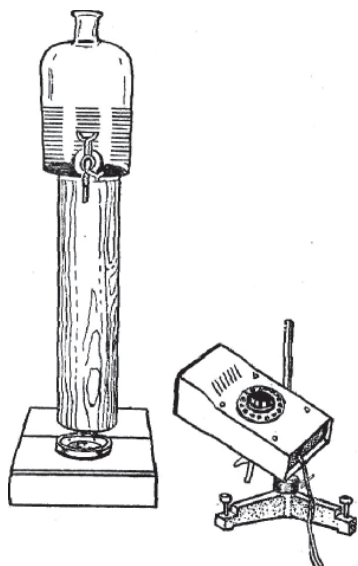


Рис. 1.5. Дослід на вільне падіння тіл

Ось один з них, якщо у фіз-кабінеті є стробоскоп. На висоті близько 1 м встановлюють посудину з двома отворами, один з яких у нижній частині посудини. Нижній отвір закриваємо корком, через який проходить скляна трубка. До неї через гумовий патрубок приєднано другу скляну трубку із звуженим кінцем (можна скористатися трубкою від піпетки). На гумову трубку надіваємо затискач. У посудину наливаємо 1-1,5 літра підфарбованої флуоресцеїном води, а позаду траєкторії падіння крапель встановлюємо чорний матовий екран (рис. 1.5). Падаючі краплі освітлюємо за допомогою стробоскопа. У затемненому кабінеті добре видно 3-4 краплі на фоні екрана. Це досягається після під-

бору певної частоти спалахів лампи стробоскопа. Сутність стробоскопічного методу учні повинні знати з раніше розглянутих дослідів. Але вчитель ще раз з'ясовує, чому краплі виявляються «застиглими» у повітрі. Вимірявши відстані між сусідніми краплями, встановлюємо, що вони відносяться між собою, як ряд непарних чисел, що є ознакою рівноприскореного руху. Числове значення прискорення вільного падіння пропонуємо учням визначити вдома на основі фотографій, зроблених стробоскопічним методом. Ці фотографії вчитель видає учням, і також зазначає час між двома сусідніми спалахами. (Якщо частоту спалахів на малюнку не зазначено, то її слід учителю визначити заздалегідь, розв'язавши задачу, обернену до тієї, яка дана учням).

Тут же вчитель може зазначити, що таку саму стробоскопічну картину ми дістанемо, якщо будемо тіла кидати вгору. Це означає, що й такий рух відбувається з прискоренням вільного падіння, але в цьому випадку початкова швидкість не дорівнює нулю.

Пропонуємо лише сказати, що, оскільки вільне падіння – рівноприскорений рух, то до нього застосовуємо ті самі формули і на перших порах не вимагаємо від учнів обов'язкової заміни у формулах s на h і a на g .

Після досліду із стробоскопом даємо на розв'язання дві задачі: одну лівому ряду учнів, другу – правому; на рівень розуміння головного.

1. Через дві секунди після того, як камінець випустили з рук, він ударився об підлогу. З якої висоти падав камінь і якої швидкості він досяг перед ударом?

2. Тіло кинули вертикально вгору, надавши йому швидкість 20 м/с. На якій висоті воно зупиниться і через який час це станеться?

Учні починають розв'язувати задачі самостійно, а потім двох учнів, що раніше закінчили роботу, викликаємо до дошки і пропонуємо записати розв'язання своєї задачі та зробити відповідний рисунок, позначивши на ньому початок вертикальної координатної осі і її додатний напрям.

Зіставлення та обговорення здобутих результатів обох задач дає змогу зробити такі висновки: 1) час падіння і час вертикального підйому на ту саму висоту однаковий; 2) щоб тіло, кинуте вертикально вгору, піднялося на висоту, з якої воно вільно падало, йому слід надати швидкість, що дорівнює швидкості падіння. Висновки можуть бути й іншими, наприклад, рівність швидкостей падіння і кидання призводить до рівності часу падіння часу підйому.

Закінчуючи на цьому уроці розгляд нового матеріалу, учитель підкреслює, що вільним падінням ми будемо називати не тільки рух тіла вертикально вниз, а й «зворотний» рух – рух тіла, кинутого вертикально вгору. Більше того, можна зазначити, що будь-який рух, який відбувається з прискоренням вільного падіння, слід вважати вільним падінням, навіть якщо цей рух криволінійний (адже учні знають, що прямолінійний рух в одній системі відліку може бути криволінійним в іншій системі відліку).

1.3. Статика

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

1 (РГ). Що вивчає статика? Навести приклади різних видів рівноваги в природі.

2 (РГ). Які ідеалізовані моделі та поняття зустрічаються під час вивчення статички?

3 (ПВЗ). Які досліди ілюструють явища рівноваги тіл?

4 (ПВЗ). Назвати прості механізми у велосипеді.

5 (ПВЗ). Які матеріали та речовини використовують для виготовлення машин?

План:

1.3.1. Абсолютно тверде тіло.

1.3.2. Різні випадки рівноваги тіла під дією сили тяжіння.

1.3.3. Прості машини.

Навчально-методичні завдання:

1 (УЗЗ). Скласти перелік основних світоглядних положень з теми «Основи статички».

2 (П). Спроектувати, підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізички, провести фрагмент:

а) Момент сили. Умови рівноваги важеля;

б) Стійка і байдужа рівновага.

3 (УЗЗ). Проаналізувати й встановити нові внутрі предметні зв'язки розділу «Статика» та розробити узагальнюючу методичну блок-схему.

4 (П). Сконструювати фізичну установку для демонстрації різних видів рівноваги тіл.

5 (УЗЗ). Чи можна натягнути мотузку горизонтально так, щоб вона (з часом) не провисала?

6 (УЗЗ). Стрибок угору легше здійснити “перекатом”, ніж “прямо”. Чому?

7 (ПВЗ). Чи змінюється положення центра ваги ракети під час руху?

8 (ПВЗ). Чи змінюється положення центра ваги літака, якщо він летить з вимкненим двигуном?

9 (УЗЗ). Двері, прибиті на петлях косо або самі зачинаються, або самі відкриваються. Яке явище ми спостерігаємо?

10 (РГ). Три однакових автомобіля навантажені однаковим за вагою вантажем: один — цеглою, другий — дровами, третій — сіном. Який автомобіль стійкіший?

1.3.1. Абсолютно тверде тіло

Абсолютно тверде тіло — тіло, яке ні за яких умов не деформується і за всіх умов відстань між двома точками (або точніше між двома частинами) якого залишається постійною (рис. 1.6).

Абстракція абсолютно твердого тіла зручна під час розгляду обертового руху. Реальні тіла під час обертання деформуються.

Величина цієї деформації залежить від швидкості обертання і від властивостей тіла. Якщо обертати тягарець на гумці, то деформація значна, у випадку металевих деталей механізмів — мала, і нею можна знехтувати.

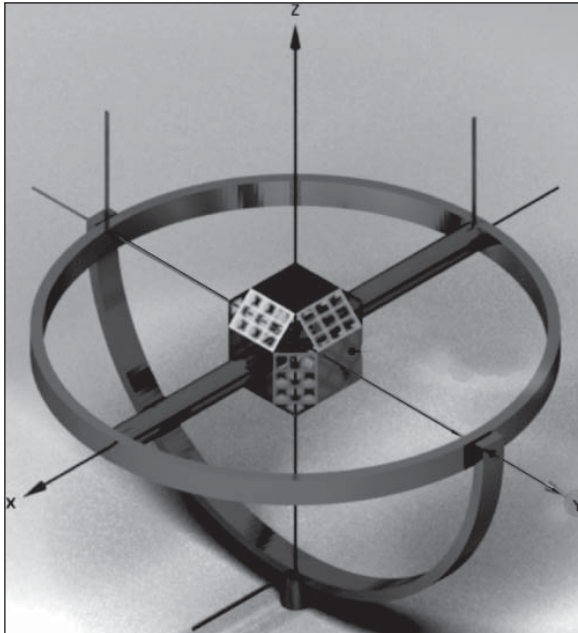


Рис. 1.6. Модель абсолютно твердого тіла

1.3.2. Різні випадки рівноваги тіла під дією сили тяжіння

З другого закону Ньютона випливає, що якщо геометрична сума всіх зовнішніх сил, прикладених до тіла, дорівнює нулю, то тіло перебуває в стані спокою або рухається рівномірно та прямолінійно. У цьому випадку прийнято говорити, що сили, прикладені до тіла, урівноважують одна одну. Для обчислення рівнодіючої, всі сили, що діють на тіло, можна прикладати до центра мас.

Щоб необертове тіло перебувало в рівновазі, необхідно, щоб рівнодіюча всіх сил, прикладених до тіла, дорівнювала нулю.

Для тіла, що має нерухливу вісь обертання, можливі всі три види рівноваги (рис. 1.7). Байдужа рівновага виникає, коли вісь обертання проходить через центр мас. У стійкій і хиткій рівновазі центр мас перебуває на вертикальній прямій, що проходить через вісь обертання. У цьому, якщо центр мас перебуває нижче осі обертання, стан рівноваги виявляється стійким. Якщо ж центр мас розташований вище осі – стан рівноваги хиткій.

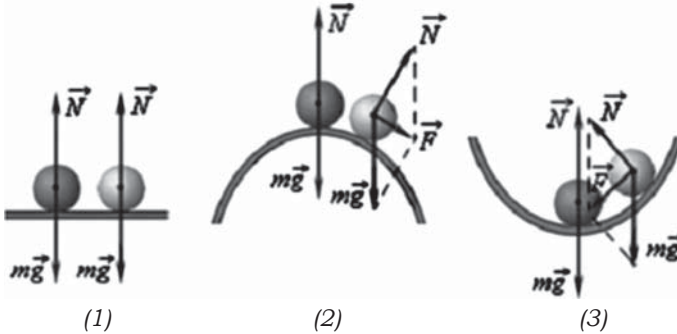


Рис. 1.7. Різні види рівноваги кулі на опорі: (1) – байдужа рівновага, (2) – хитка рівновага, (3) – стійка рівновага

Особливим випадком є рівновага тіла на опорі. У цьому випадку пружна сила опори прикладена не до однієї точки, а розподілена по підставі тіла. Тіло перебуває в рівновазі, якщо вертикальна лінія, проведена через центр мас тіла, проходить через площу опори, тобто всередині контуру, утвореного лініями, що з'єднують точки опори.

Якщо ж ця лінія не перетинає площу опори, то тіло перекидається. Цікавим прикладом рівноваги тіла на опорі є падаюча вежа в італійському місті Піза, яку за легендою використовував Галілей під час вивчення законів вільного

падіння тіл. Вежа має форму циліндра висотою 55 м і радіусом 7 м. Вершина вежі відхилена від вертикалі на 4,5 м.

Вертикальна лінія, проведена через центр мас вежі, перетинає опору приблизно в 2,3 м від його центру. Таким чином, вежа перебуває в стані рівноваги. Рівновага порушиться й вежа впаде, коли відхилення її вершини від вертикалі досягне 14 м. Очевидно, це відбудеться дуже нескоро.

1.3.3. Прості машини

Пилосос і холодильник, літак і підйомний кран, ткацький верстат і комбайн, велосипед і автомобіль – усе це приклади машин. Зверніть увагу на те, що, незважаючи на відмінності у зовнішньому вигляді та призначенні, матеріалах, з яких їх зроблено, вони мають спільну назву – «машини» (рис. 1.8). Чому?

По-перше, тому, що всі вони виконують потрібну людині роботу. По-друге, для її виконання всім машинам потрібна енергія. І по-третє, спільним для всіх машин є наявність трьох основних частин: робочого органа, двигуна і механізму, що їх зв'язує. За відсутності однієї з частин машина не працюватиме. Отже, машина – це система, складові частини якої взаємозв'язані. А оскільки машини створює людина, то їх можна назвати рукотворними системами.

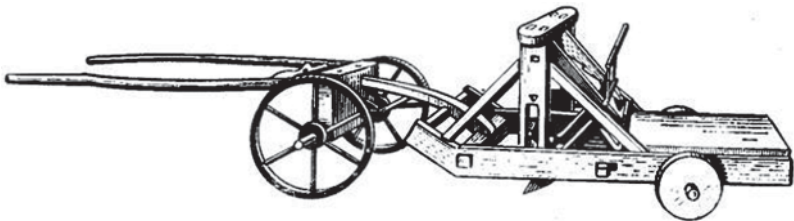


Рис. 1.8. Перший колісний скрепер на кінній тязі з поворотним ковшем, який керувався вручну (1773 р.)

Робочі органи машин можуть бути різними. У гелікоптера – пропелер, у екскаватора – ківш, у велосипеда – колеса. Назва робочий орган свідчить про те, що ця частина допомагає людині виконувати ту роботу, задля якої машину створили.

Призначення двигуна — перетворювати один вид енергії на інший. У двигунах таких машин, як автомобіль, мотоцикл, трактор, хімічна енергія палива перетворюється на теплову, а потім на механічну.

Двигуни пылососа, пральної машини перетворюють електричну енергію, що надходить до них із електромережі, на механічну. Всі двигуни, зокрема й електродвигуни, під час роботи нагріваються. Це означає, що частина спожитої енергії перетворюється на теплову.

У велосипеда або ручної м'ясорубки двигуна немає. Чому ж їх також називають машинами? Тому що роль двигуна у них відіграє людина, витрачаючи на виконання роботи свою енергію.

Робочий орган і двигун з'єднані між собою механізмом. У багатьох машин — це прості механізми (важіль, блок, ланцюг, пасок) або їх поєднання. Так, механізм велосипеда є поєднанням таких простих механізмів: важіль, вісь, зубчасте колесо (шестерня), ланцюг.

Задачі (ПВЗ):

1. Розгляньте *рисунок 1.9* і поясніть, які прості механізми приймають участь у роботі машини.

2. Чи дає вигравш у роботі простий механізм? Доведіть на прикладах і дослідах.

3. Як оцінити якість простого механізму? На прикладах.

4. Чому важіль не дає вигравшу в роботі? Чому рухомий блок не дає вигравшу в роботі? Чому корисна робота завжди менша за повну? Чи може ККД бути більшим за 100%?

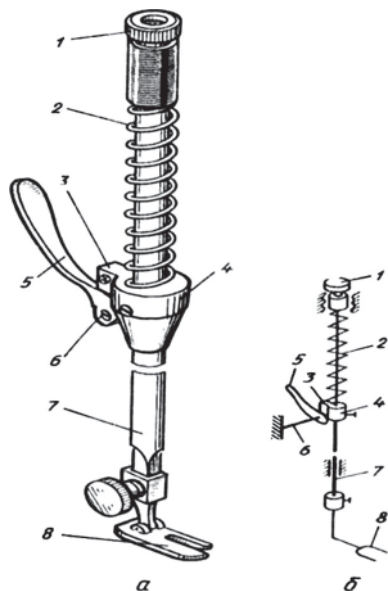


Рис. 1.9. Машинка для шиття

1.4. Робота і енергія

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

1 (ПВЗ). Що визначають фізичні терміни робота і енергія? Навести приклади виконання механічної роботи в побуті; кінетичної та потенціальної енергії.

2 (ПВЗ). Навести приклади вивчення законів збереження в шкільному курсі фізики (ШКФ).

3 (ПВЗ). Пояснити фізичний зміст «золотого правила» механіки з точки зору закону збереження енергії.

4 (ПВЗ). Навести приклади використання машин і механізмів, перетворення одного виду енергії в інший.

План:

1.4.1. Застосування «золотого правила механіки».

1.4.2. Принцип збереження роботи.

1.4.3. Загальний характер закону збереження енергії.

Навчально-методичні завдання:

1 (УЗЗ). Скласти методичні рекомендації для учнів розв'язувати фізичні задачі з ШКФ «Робота і енергія».

2 (П). Спроектувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики, провести фрагмент:

а) Механічна робота. Потужність;

б) Механічна енергія. Закон збереження механічної енергії.

3 (УЗЗ). Виписати з програми фізики рекомендовані демонстрації розділу «Робота і енергія» та скласти експериментальне завдання/задачу до кожної.

4 (П). Сконструювати фізичну установку, яка демонструвала б закон збереження й перетворення енергії в механічних процесах. Провести фрагмент уроку.

5 (УЗЗ). Продовжити розповідь. «Життя на нашій планеті існує завдяки надходженню сонячної енергії. Вона нагріває поверхню Землі, впливає на зміну погоди, необхідна для існування всіх живих істот. Люди навчилися використовувати цей вид енергії, сконструювавши «сонячні батареї»....

...Сучасний світ важко уявити без електричної енергії...».

1.4.1. Застосування «золотого правила механіки»

За допомогою механізмів можна: 1) змінити величину переміщення за той самий час (з цією властивістю механізмів учні вже знайомі на прикладі важеля, який дає можливість, прикладаючи силу до меншого плеча, переміщати тягар на більшу відстань); 2) змінювати напрям руху (ця властивість знайома учням на прикладах застосування важелів і блоків); 3) перетворювати рух з обертального на прямолінійний (коловорот) і навпаки (приведення вала в обертання падаючим тягарем). У цих випадках можна було спостерігати застосування важеля для зміни величини та напрямку переміщення, а також і швидкості.

Отже, механізм може змінювати напрям переміщення тіла та його швидкість.

Далі вчитель переходить до повторення відомостей про вже вивчені раніше механізми (важіль, блок, коловорот) і до вивчення інших механізмів (похила площина, клин, гвинт). Для кожного з цих механізмів встановлюється закон роботи, тобто: робота рушійної сили над механізмом дорівнює роботі, яку механізм здійснює над тілом, яке переміщується за його допомогою.

Вивчення простих механізмів супроводжують поясненням їх застосування.

Наприклад, велосипед (рис. 1.10). Має понад 200-річну історію. Близько 1800 р. уральський кріпосний майстер Артамонов уперше виготовив двоколісний самокат і здійснив на ньому в 1801 р. перший в світі велопробіг з Верхотур'я до Москви і назад. Славетний винахідник пройшов на своєму самокаті понад 5000 км.

Велосипед широко використовують туристи і спортсмени. Підраховано, що велосипедист витрачає в чотири рази менше енергії і часу, ніж пішохід.

Велосипед складається з металевої трубчастої рами, що зв'язує основні вузли машини між собою і тримає на собі велосипедиста, передньої і задньої вилок, що відповідно сполучені рулем, кареткою та підсідельним вузлом, руля для керування велоси-



Рис. 1.10. Велосипед

педом (руль також є опорою для велосипедиста і бере на себе частину його ваги), двох коліс з пневматичними шинами і системи механічної передачі для перетворення м'язової енергії

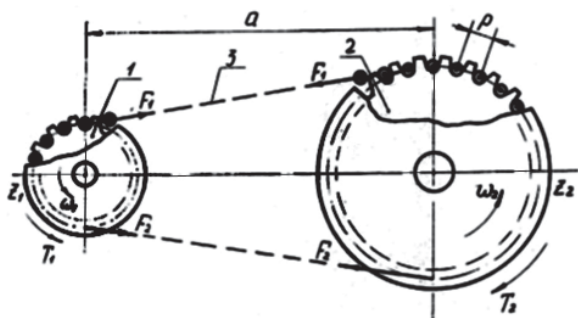


Рис. 1.11. Ланцюг велосипеда

ніг велосипедиста в енергію обертального руху заднього колеса. Система механічної передачі, в свою чергу, складається з педалей, шатунів, каретки та шестерень з ланцюгом. Крім того, велосипед має ще гальма для раптової зупинки.

Обертання заднього колеса велосипеда має відмінності від відповідного обертання рульового (переднього) колеса. Заднє колесо так з'єднане з рамою велосипеда, що може лише обертатися навколо своєї осі, а переднього може, крім цього, обертатися разом з рулем також і у вертикальній площині.

У найпростішому варіанті ланцюгова передача (рис. 1.11) складається з ведучої ланки 1 та веденої 2 (зірочки), які розміщені на відповідних валах, і ланцюга 3 у вигляді замкнутого контура, що знаходиться в зачепленні із зірочками. За аналогією з пасовими передачами вільний відрізок ланцюга, що набігає на ведучу зірочку 1, називається ведучою віткою, а другий вільний – веденою. Ланцюг складається із з'єднаних шарнірами ланок, що забезпечує гнучкість ланцюга. За рахунок зчеплення ланцюга із зубцями зірочок забезпечується передавання обертального руху від ведучої зірочки до веденої.

Велосипедист приводить у рух ведуче колесо за допомогою педалей, шатунів і двох шестерень, сполучених між собою ланцюгом. Шестерні мають зубці, якими вони зчіплюються з роликівим ланцюгом. Якби у передньої і задньої шестерень зубців було однаково, то за кожен поворот педалей обидві шестерні і заднє колесо теж робили б по одному обертю. Наявність різної кількості зубців на шестернях дає можливість при кожному повороті педалей здійснити кілька обертів заднього колеса.

Натискаючи на педаль, велосипедист розвиває певну силу тяги F , яку можна обчислити за формулою: $F = \frac{Pl}{D}$, де

P — сила тиску ноги велосипедиста на педаль (обчислюється в Н), l — довжина шатуна (обчислюється в метрах), D — передача велосипеда.

Якщо велосипедист тисне на педаль з силою 20 Н, довжина шатуна $\sim 17,78$ см, а передача велосипеда ~ 178 см, то сила тяги в цьому випадку дорівнюватиме: 20 Н.

1.4.2. Принцип збереження роботи

Поняття роботи з'ясовується учням під час бесіди. З досвіду учнів утворюється ширше поняття роботи, ніж те, що розглядається у фізиці (наприклад, — розумова робота, робота інженера тощо). Щоб встановити фізичне поняття роботи, слід розглянути ряд прикладів (піднімання тягара, переміщення тіла по горизонтальній поверхні) і зробити з них висновок, що ознаками механічної роботи є наявність діючої сили (взаємодії тіл) і внаслідок цього переміщення тіла.

У процесі бесіди має бути з'ясовано, що під час руху тіло перемагає певний опір, характер якого буде різним в окремих випадках. Якщо на тіло діє лише одна сила, то дія її на рухоме тіло виявлятиметься лише в зміні його швидкості (швидкість буде збільшуватись або зменшуватись залежно від напрямку дії сили).

Якщо тіло рухається прямолінійно і рівномірно, то це означає, що прикладена до нього сила врівноважується рівною за величиною і протилежною за напрямом іншою силою. Остання сила і є тим опором, який перемагає під час цього сили, що діє на тіло (сила тяги мотора трамвая врівноважується силою тертя кочення коліс, тертя частин механізмів і опору повітря). З подібних прикладів дається означення роботи як перемагання опору силою, прикладеною до рухомого тіла. Встановлюється також, що величина роботи пропорційна діючій силі і величині переміщення в напрямі дії сили.

Залежно від умов переміщення по-різному обчислюється і величина роботи: якщо перемагається тільки опір, то робота обчислюється добутком сили на шлях, але в багатьох випадках діюча сила не тільки перемагає опір, а й змінює швидкість тіла, надає йому прискорення. В останньому випадку величина роботи обчислюється додаванням двох складових: роботи по переміщенню (FS) і роботи щодо надання прискорення тілу (maS). Останній випадок часто зустрічається під час розв'язування задач, а тому учням його добре пояснюють.

Далі розглядають випадок, коли людина нерухомо тримає який-небудь тягар. Оскільки тягар під дією сили людини не переміщується, то вона в механічному розумінні роботи не виконує. Але в дійсності це не так. Напруження м'язів людини не може забезпечити цілковитої нерухомості її, і рука непомітно (а й під час втоми – помітно) тремтить. Під тиском тягаря рука трохи опускається вниз, гальмуючи його падіння, потім повертається назад, піднімаючи камінь вгору. Отже, у дійсності людина весь час виконує механічну роботу, причому частина енергії людини, яка здобувається внаслідок різних процесів в організмі, перетворюється в механічну. Кількісною мірою цього перетворення є виконана робота щодо підтримання тягаря.

У процесі дії одного тіла на інше, робота виконується лише тоді, коли останнє переміщується прикладеною силою.

Щоб з'ясувати це твердження, розглядають, наприклад, таке явище. У візку лежить вантаж, вага якого 600 Н. Цей візок штовхає людина, прикладаючи силу в 600 Н. На вантаж діють дві сили (ваги візка не розглядаємо). Яка ж сила виконує роботу переміщення? Учням відповідаємо, що роботу переміщення виконує лише людина, і пояснити наведене вище твердження.

Величину, що обчислюється добутком двох величин, добре визначити графічно у вигляді площі певної фігури. За певним вибраним масштабом зображають одиницю роботи у вигляді прямокутника і креслять за даним масштабом певні величини роботи, наприклад, 60 Дж, 80 Дж і т. д.

Наочно видно, що одну й ту саму роботу можна виконати різними засобами, наприклад, роботу в 60 Дж можна виконати підніманням 20 Н на 3 м, 30 Н на 2 м і т. д. Далі, подаємо загальний спосіб графічного зображення роботи, виказаної на *рис. 1.12*.

До поняття потужності підходять, розглядаючи швидкість виконання певної роботи в різних випадках, і визначають одиниці для вимірювання потужності та співвідношення між ними.

У ч н і в ознайомлюють з видами потужності,

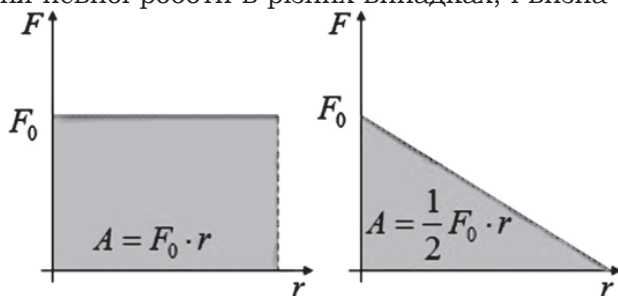


Рис. 1.12. Графічне визначення роботи тіла

що зустрічаються в техніці, зокрема, з так званою, ефективною потужністю двигуна — потужністю, яку він розвиває на колінчастому валі. Ефективна потужність витрачається на перемагання тертя в передавальних механізмах, на виконання корисної роботи, на переміщення двигуна (у автомашинах) і т. д.

1.4.3. Загальний характер закону збереження енергії

Заключним розділом теми є вивчення явищ переходу кінетичної енергії в потенціальну, і навпаки, а також збереження механічної енергії. Ознайомлюючи учнів з явищами перетворення механічної енергії, відзначаємо, що у цих процесах мають місце втрати механічної енергії, які пояснюються переходом механічної енергії в інші форми, наприклад, у внутрішню енергію тіла.

Розглядаємо перетворення енергії в найпростішому годиннику — «ходиках». Піднімаємо вантаж і зупиняємо маятник. Піднятий вантаж набув певної потенціальної енергії, яку він зберігатиме доти, доки ми його тримаємо нерухомо у верхньому положенні. Коли ми приведемо маятник у рух, вантаж почне поступово опускатись, потенціальна його енергія витратиться на приведення в рух механізму годинника, тобто на надання годиннику кінетичної енергії та на перемагання тертя деталей механізму, тобто на збільшення внутрішньої їх енергії (на їх нагрівання).

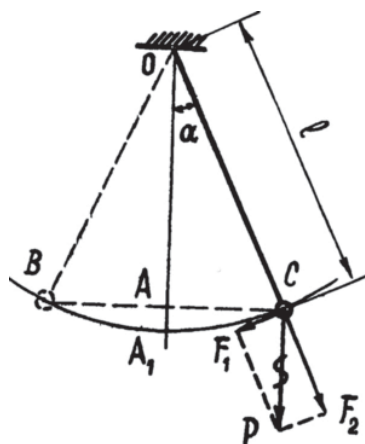


Рис. 1.13. Математичний маятник

Розглянемо другий випадок перетворення механічної енергії — коливання маятника. У дошку забивають цвях у точці O і підвішують до нього на шнурі гайку або інше важке і порівняно мале тіло (рис. 1.13). Креслять на дошці крейдою горизонтальну лінію BC і відводять шнур до цієї лінії в положення B . Відпустимо шнур, і маятник почне рухатись: підніметься до точки C , що лежить з другого боку від центра коливання (від лінії OA_1), потім повернеться до точки B і т. д. Коливання будуть затухати внаслідок тертя шнура і опору повітря.

Які перетворення енергії відбуваються під час коливання маятника? Для переміщення маятника в положення В виконується робота, щоб його підняти на висоту $AA_1 = h$. За цього маятник набуває потенціальної енергії $E_n = Ph$, де P — вага маятника. Під час зворотного руху потенціальна енергія маятника зменшувалась, переходячи в кінетичну. У положенні рівноваги А потенціальна енергія маятника дорівнювала нулеві, бо цілком перейшла в кінетичну. У подальшому підніманні, кінетична енергія маятника переходила в потенціальну, а, коли маятник досяг положення С, кінетична енергія маятника дорівнювала нулеві, бо цілком перейшла в потенціальну. Маятник повертається назад, і перетворення енергії відбуваються в такій самій послідовності, як і під час проходження шляху BA_1C . Коли б не було тертя та опору повітря, коливання маятника відбувалися б весь час.

За законом збереження механічної енергії, маятник, відхиляючись у крайні положення, повинен підніматись на однакову висоту h .

Далі, стисло ознайомлюємо учнів з вкладом ученого М.В. Ломоносова у встановлення закону збереження енергії. До Ломоносова окремі вчені висловлювали ідею про збереження руху. Декарт у своєму творі «Начала філософії», виданому в 1644 р., так формулює закон про збереження механічного руху: «Коли одне тіло стикається з іншим, воно може надати йому лише стільки руху, скільки само одночасно втрачає, і відняти від нього лише стільки, на скільки воно збільшить свій власний рух».

Лейбніц, аналізуючи закони не пружного удару, встановлені Гюйгенсом, формулює, так званий, закон збереження сил, розуміючи під силою величину, що характеризує активність тіла. Цю величину, пропорційну квадрату швидкості тіла mV^2 , Лейбніц назвав «живою силою». За Лейбніцом, під час зупинки тіла, наприклад, під час піднімання, його «жива сила» не зникає, а зберігається потенціальною, так що здатність приводити тіло в рух з тією самою ж швидкістю залишається.

У такому формулюванні закон збереження має застосування лише до окремих випадків механічного руху (коливання маятника, удар).

У 1760 р. М.В. Ломоносов у своїй праці «Рассуждение о твердоте и жидкости тел» формулює загальне положення про збереження руху в природі, об'єднуючи його із загаль-

ним положенням про збереження речовини. Ці положення він формулює як загальний закон природи — закон про збереження матерії й руху. Формулювання М.В. Ломоносова було таким: «Все перемены в натуре случающиеся такого суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимается, столько присовокупится к другому... Сей всеобщий естественный закон простирается в самые правила движения, ибо тело, движущее своею силою другое, столько же оныя у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает».

Перша частина закону Ломоносова є закон збереження речовини (Ломоносов установив це за 8 років до Лавуазьє), а друга частина — закон збереження енергії (Ломоносов установив його майже на 100 років раніше, ніж Мейєр, Джоуль і Гельмгольц). Ломоносов формулює свій закон дещо інакше, ніж звучить він тепер, бо термін «енергія» був уведений через сто років після смерті Ломоносова.

1.5. Гідростатика

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (ПВЗ). Як виміряти стисливу рідину?
- 2 (ПВЗ). Розказати будову мембранного манометра.
- 3 (ПВЗ). Розказати про гідравлічний прес.
- 4 (ПВЗ). Чому підводні човни міцні? Поясніть з фізичної точки зору міцність підводного човна.

План:

- 1.5.1. «Нестислива» рідина
- 1.5.2. Тиск води на морській глибині
- 1.5.3. Випливання пузирів

Навчально-методичні завдання:

- 1 (УЗЗ). Скласти план-конспект уроку «Закон Архімеда». Провести його.
- 2 (П). Довести, що тиск у всіх точках рідини однаковий.
- 3 (УЗЗ). Скласти і провести евристичний діалог на тему «Плавання тіл».
- 4 (П). Сконструювати прилад, який демонструє спливання бульбашок.
- 5 (П). Провести диспут на тему «Установка водопроводу. Нагнітаючий насос».
- 6 (ПВЗ). Розказати про будову чайника.
- 7 (ПВЗ). Пояснити будову гвинтового і гідравлічного пресів.
- 8 (ПВЗ). Чому під дією вітру утворюються хвилі? Що таке рухомість рідини?
- 9 (УЗЗ). Продовжити розповідь: «Гідростатичний парадокс (парадокс Паскаля) – явище непропорційності тиску на дно посудини вазі, наливої в неї рідини... Парадоксальність явища полягає у тому, що вага наливої у посудину рідини може відрізнятись від сили її тиску на дно цієї посудини...».
- 10 (УЗЗ). Продовжити: «Парадокс Архімеда названий на честь відомого Архімеда з Сіракуз, що відкрив знаменитий закон Архімеда... Парадокс Архімеда стверджує, що тіло може плавати в об'ємі води меншому, ніж об'єм самого тіла, якщо його середня густина менша, ніж густина води. Таким чином, масивне тіло (наприклад, корабель) може плавати в об'ємі води набагато меншому ніж об'єм самого тіла, за умови, що вода оточує тіло з усіх сторін...».

1.5.1. «Нестислива» рідина

Ідеальною вважається така рідина, яка абсолютно нестискувана і не чинить опору силам розтягу і зсуву, тобто є нев'язкою.

Реальна ж рідина хоч і може мати досить малу стискуваність, однак проявляє певний опір зсувним механічним напругам, що призводять до її в'язкості.

Стисливість — це здатність рідини змінювати свій об'єм під час зміни тиску. Мірою стисливості рідин служить коефіцієнт об'ємного стиску β_p . Він визначається як відношення зміни її об'єму dV за умови зміни тиску на величину dp , до початкового об'єму V :
$$\beta_p = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dp} = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dp}.$$

Знак мінус ілюструє той факт, що під час збільшення тиску об'єм рідини зменшується.

Для гіпотетично нестискуваної рідини, $\beta_p = 0$. Таке припущення значно спрощує аналітичні розв'язки багатьох практичних задач. Оскільки, швидкість звуку в рідкому

середовищі $v_s = \sqrt{\frac{dp}{d\rho}}$, то коефіцієнт об'ємного стиску
$$\beta_p = \frac{1}{\rho v_s^2}.$$

Відомо, що після припинення зовнішньої дії на середовище, останнє намагається у тій чи іншій мірі відновити свій об'єм.

1.5.2. Тиск води на морській глибині

Тиск водяного стовпа висотою 10 метрів рівний одній атмосфері. Густина морської солоної води на 1-2% більше, ніж густина прісної води. Тому можна з достатньою точністю вважати, що занурення в морі на кожні 10 метрів дає збільшення гідростатичного тиску на одну атмосферу.

Наприклад, підводний човен, що занурився на 100 м під воду, випробовує тиск, рівний 10 атм. (понад атмосферне), що приблизно відповідає тиску всередині парового казана паровоза. Таким чином, кожній глибині під поверхнею води відповідає певний гідростатичний тиск. Підводні човни забезпечують манометрами, що вимірюють тиск заборотної води; це дозволяє визначати глибину занурення.

Перший батискаф був збудований у 1948 році швейцарським ученим Огюстом Пікаром.

Батискаф – глибоководна камера (сталева, сферичної або сферично-циліндричної форми) з апаратурою для спостережень, досліджень на великій морській глибині та механізмами для переміщення під водою.

Використовується, зокрема, у підводних, гірничих, геологічних, археологічних і інших роботах (рис. 1.14). Використання різного підводного спорядження дозволяє детальніше вивчати підводний світ.

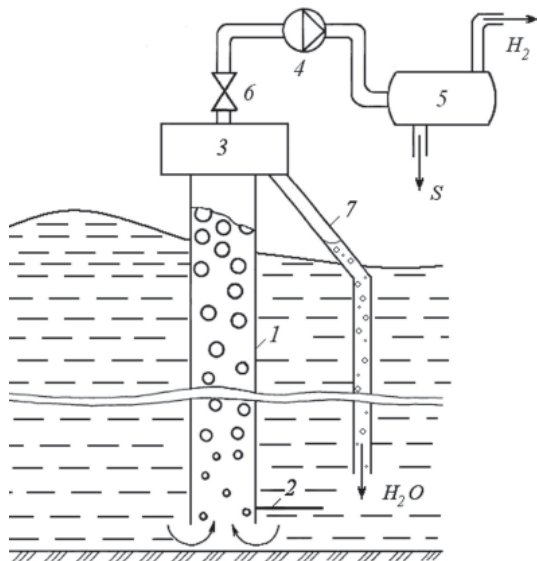


Рис. 1.14. Видобування сірководню з морських глибин

1.5.3. Спливання пузирів

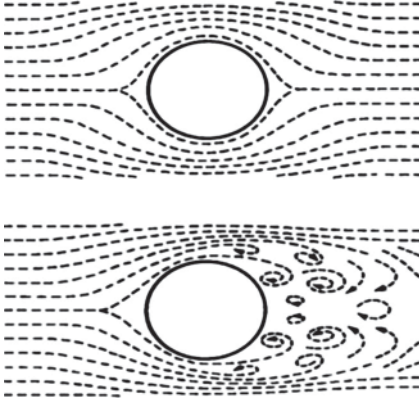


Рис. 1.15. Спливання бульбашок

Відривний діаметр бульбашок зменшується з ростом тиску. Відривний діаметр, за постійного значення крайового кута, пропорційний капілярній постійній, яка має розмірність довжини. Досягнувши відривного діаметру, бульбашка відривається і спливає, захоплюючи з собою деяку кількість перегрітої рідини (рис. 1.15). Остання, упродовж деякого часу, прогрівається, і процес повторюється.

У статичних умовах, відривний діаметр парового пузиря визначається з умов механічної рівноваги між підйомною силою, яка відриває парову бульбашку від поверхні, і силою поверхневого натягу, що утримує її на твердій поверхні.

Флотаційні машини (рис. 1.16) – збагачувальні апарати для розділення корисних копалин методом флотації, в яких здійснюються операції: насичення флотаційної пульпи повітряними бульбашками (якщо пульпа не аерована до машини), їх диспергування та рівномірний розподіл в об’ємі пульпи, підтримання подрібненої корисної копалини у завислому стані (у механічних машинах), мінералізація повітряних бульбашок – прикріплення зерен мінералу, який флотується, до бульбашок повітря (утворення флотаційних агрегатів), спливання мінералізованих агрегатів з формуванням шару мінералізованої піни, розвантаження піни, яка складається з мінералізованих бульбашок, вилучення та вивантаження залишкового (камерного) продукту, що містить у собі переважно завислі частинки нефлотованого продукту (відходи).



Рис. 1.16. Флотаційні машини

Розв'язати завдання на рівень уміння застосовувати знання з теми атмосферний тиск:

1. Чи впливає атмосферний тиск на висоту піднімання води у водопровідних трубах?
2. В одного ртутного барометра трубка вертикальна, а в іншого – похила до горизонту. Який з цих барометрів більш чутливий?
3. Який барометр більш чутливий – ртутний чи масляний?
4. Фізик Отто Геріке збудував водяний барометр. Верх барометра проходила крізь дах будинку. Для чого Геріке знадобилося виводити барометр крізь дах?

1.6. Аеростатика

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (РГ). Назвати механічні властивості газів.
- 2 (РГ). Розказати про атмосферу Землі.
- 3 (ПВЗ). Як зважують повітря?
- 4 (ПВЗ). Як вимірюють тиск атмосфери?
- 5 (ПВЗ). Чому атмосферний тиск не відчувається людиною і тваринами?

План:

- 1.6.1. Досліди, які доводять існування атмосфери.
- 1.6.2. Фізіологічна дія пониженого тиску повітря.
- 1.6.3. Повітряні кулі та дирижаблі.

Навчально-методичні завдання:

1 (УЗЗ). Скласти план-конспект уроку «Застосування стислого повітря в техніці». Провести його.

2 (П). Написати доповідь на тему «Перші повітряні кулі і керування ними».

3 (УЗЗ). Провести евристичний діалог на тему «Тиск рідини на прикладах глибоководних риб».

4 (П). Сконструювати прилад, який демонструє рух повітряної кулі.

5 (П). Провести диспут на тему «Дирижабль».

6 (ПВЗ). Розказати про будову «монгольф'єрів», які винайшли у 1783 році в Франції.

7 (УЗЗ). Придумати установку для переливання дистильованої води, схематично нарисувати її, пояснити принцип дії.

8 (УЗЗ). Знайти схему установки повітряного гальма на потягах залізної дороги і пояснити принцип його дії.

9 (ПВЗ). Продовжити оповідання «ТРИУМФ ПОВІТРО-ПЛАВАННЯ»: «Епоха дирижаблів досягла апогею у 1929 році, коли двохсотметровий «Граф Цеппелін» здійснив навколосвітню подорож. Дирижабль стартував у Німеччині, і за 21 день облетів земну кулю, зробивши зупинки у Токіо, Сан-Франціско і Лос-Анджелесі. «Граф Цеппелін» подолав 34 тисячі кілометрів, середня швидкість складала 115 кілометрів на годину. Він брав на борт 236 тонн вантажу.

Цей повітряний гігант літав понад десять років без жодної аварії, першим у світі здійснив півтори сотні трансатлантичних рейсів, брав участь у полярних експедиціях...».

1.6.1. Досліди, які доводять існування атмосфери

Дослід Торрічеллі

Запаяну з одного кінця скляну трубку завдовжки 1 м учений ущерть заповнив ртуттю і незапаяним кінцем занурив у посудину з цією самою речовиною. Ртуть почала виливатися із трубки в посудину, але вилася не вся, а зупинилася на позначці 760 мм від поверхні ртуті в посудині. Торрічеллі повторив дослід, розташувавши трубку не вертикально, а похило. І знову відстань від поверхні ртуті в посудині до її краю в трубці становила 760 мм.

Одержаний результат він пояснив тим, що стовпчик ртуті в трубці та повітря над відкритою поверхнею ртуті тиснуть на неї однаково.

Атмосферний тиск у місцях земної кулі різний. Завдяки цьому виникає рух повітря. Подібно до води в річках, яка завжди тече з підвищення до низовин, повітря переміщується над поверхнею Землі з територій, де тиск вищий, на території з нижчим атмосферним тиском. Таке переміщення повітря називається вітром.

Вітри, що дмуть з великою швидкістю, можуть руйнувати будівлі, опори ліній електропередач, ламати і валити дерева. Ще більшого лиха сильні вітри завдають, якщо супроводжуються випаданням дощу чи снігу.

В Україні найбільші вітри бувають у Карпатах.

Напрямок вітру визначають за допомогою флюгера. Для точності показань його встановлюють на відкритій місцевості на висоті 10-12 м від поверхні Землі.

Люди навчилися використовувати вітер з користю для себе. Пригадайте хоча б вітрильники чи вітряки. В країнах з потужними постійними вітрами вітер використовують для отримання електроенергії.

Виконайте вдома завдання

Виготовте модель барометра і проведіть спостереження за зміною атмосферного тиску.

Для цього Вам знадобляться скляна банка об'ємом 3 л, повітряна кулька, загострена з одного краю соломинка, скотч, аркуш картону, нитки або шпагат чи бинт.

Опишіть у зошиті та розкажіть про це спостереження в процесі проведення практичного заняття.

1.6.2. Фізіологічна дія пониженого тиску повітря

Понижений атмосферний тиск зустрічається в кабінах літаків різного призначення, що літають на великих висотах, у космічних кораблях, відсіках орбітальних станцій, за умов роботи у високогір'ях (будівельні роботи, метеостанції та ін.).

Перебування людей в умовах зниженого атмосферного тиску супроводжується метеоризмом, утрудненням роботи серця, болями в м'язах, у лобній пазусі, порожнинах носа, суглобах.

Основні патологічні прояви пов'язані з кисневим голодуванням тканин і, насамперед, головного мозку в атмосфері зниженого тиску. Як відомо, у міру піднімання на висоту спадає барометричний тиск і відповідно зменшується парціальний тиск кисню. Зменшення парціального тиску в атмосфері спричинює зниження його в альвеолярному повітрі. А це призводить до зменшення кисню в крові, погіршення живлення тканин, тобто до кисневого голодування – аноксемії (висотна хвороба).

Аноксемічну теорію висотної хвороби запропонував у 1878 р. Бер. Учений І.М. Сеченов пояснив причину збіднення тканин киснем у розрідженому просторі як наслідок зменшення парціального тиску в альвеолярному повітрі, м'язовій слабкості, запамороченні. Кисневе голодування виявляється в тахікардії, кровотечах з носа тощо. Під час цього порушується білковий, жировий і вуглеводний обмін. Кисневе голодування позначається на функціональному стані кори головного мозку. Порушуються диференціювання і нормальне співвідношення процесів збудження та гальмування, координація рухів. Знижується адаптаційна здатність очей, порушується функція глибинного окоміру на відчуття кольору, особливо червоного. Порушується зв'язок між корою і підкіркою. Спостерігаються зміни вегетативно-нервової системи, виділення поту, спазми капілярів тощо.

Організм на певній стадії намагається компенсувати кисневу недостатність за допомогою пристосувальних механізмів, збільшуючи «дихальну» поверхню, кількість еритроцитів і гемоглобіну. Гіпервентиляція зумовлює зменшення вуглекислого газу – гіпокапнію, наслідком якої можуть бути порушення лужно-кислотної рівноваги, послаблення і порідшення скорочень серця та інші зміни, що посилюють дію гіпоксемії.

Умови дії зниженого атмосферного тиску на працівників високогірних місцевостей трохи інші. Якщо льотчики переходять із звичайних умов у знижений атмосферний тиск за дуже короткий час, то сходження на гори відбувається тривалим часом. Крім того, під час сходження підключається фактор напруженої фізичної праці, чого немає за умов польоту.

Цікаво знати. Тиск змінюється внаслідок переміщення повітря – його відтоку з одного місця й притоку в інше. Ці переміщення пов'язані з відмінностями у густині повітря, які виникають під час нерівномірного нагрівання його від поверхні, яка підстигає.

Розподіл тиску на земній поверхні наочно зображується за допомогою карт ізобар – ліній рівного тиску. Такі карти складаються на основі синхронних спостережень великої кількості метеорологічних станцій. Оскільки останні розташовані на різних висотах, а тиск із висотою зменшується, то для порівняння даних він приводиться до одного рівня. На карту наноситься значення тиску, приведені до рівня моря.

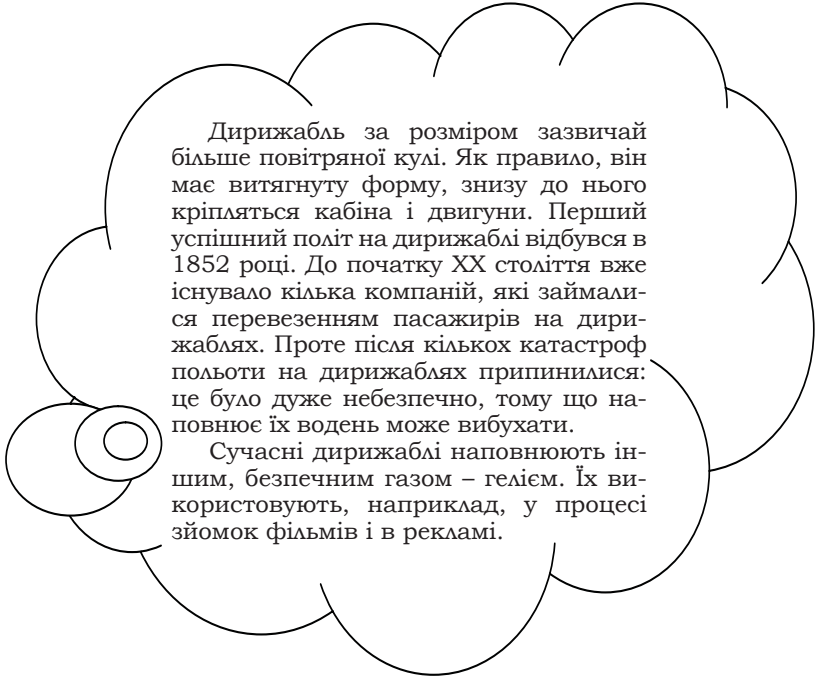
Просторовий розподіл атмосферного тиску називається баричним полем атмосфери. Про баричне поле атмосфери можна робити висновки на основі середніх місячних карт тиску найтеплішого й найхолоднішого місяців року. Середні місячні карти тиску віддзеркалюють найхарактерніші для того або іншого району особливості поля атмосферного тиску. Під час цього у баричному полі Землі досить чітко виявляється зональний розподіл атмосферного тиску, симетричний в обох півкулях.

Максимальні значення тиску спостерігаються на широтах 30-35° і поблизу полюсів. Субтропічні зони високого тиску виражені цілий рік. Але влітку, унаслідок прогрівання повітря над материками, вони розриваються і над океанами спостерігаються окремі антициклони. У Північній півкулі це Північноатлантичний і Північнотихоокеанський, у Південній – Південнотихоокеанський, Південноатлантичний, Південноіндійський і Новозеландський.

Мінімальний атмосферний тиск спостерігається на 60-65-х паралелях обох півкуль і в екваторіальній зоні. Екваторіальна барична депресія є стійкою протягом усього року. Вісь її розташовується близько 4° пн. ш.

Вплив на організм підвищеного атмосферного тиску у виробничому середовищі можна поділити на 3 періоди: підвищеного тиску повітря (шлюзування або компресія); найбільшого тиску (виконання основної роботи); зниженого тиску після закінчення роботи (вишлюзування або декомпресія).

1.6.3. Повітряні кулі та дирижаблі



Дирижабль за розміром зазвичай більше повітряної кулі. Як правило, він має витягнуту форму, знизу до нього кріпляться кабіна і двигуни. Перший успішний політ на дирижаблі відбувся в 1852 році. До початку ХХ століття вже існувало кілька компаній, які займалися перевезенням пасажирів на дирижаблях. Проте після кількох катастроф польоти на дирижаблях припинилися: це було дуже небезпечно, тому що наповнює їх водень може вибухати.

Сучасні дирижаблі наповнюють іншим, безпечним газом – гелієм. Їх використовують, наприклад, у процесі зйомок фільмів і в рекламі.

Військові аналітики зрозуміли, що дирижаблі мають декілька якостей, які недоступні розвідувальним супутникам і літакам. На відміну від літаків, дирижаблі можуть тижнями і навіть місяцями знаходитися у повітрі на висотах понад 20 тисяч метрів, працюючи у безпілотному режимі.

Стратосферні дирижаблі зможуть підніматися над землею на 80 кілометрів, виконуючи функції дорогих космічних супутників зв'язку. Нарешті, вони можуть нести вели-

когабаритні вантажі різноманітних бойових та електронно-розвідувальних засобів масою до кількох сотень тон, включно з пусковими системами протиракетної оборони. Причому, у розміщених на борту радіолокаційних станціях, на відміну від наземних, відсутні «мертві зони».

Згаданий у статті конкурс, оголошений Пентагоном, – лише один із багатьох тендерів, проведених у США останніми роками. Наприклад, нещодавно та сама корпорація Lockheed Martin отримала солідний державний контракт для розробки прототипу безпілотного військового дирижабля High Altitude Airship. Його планується оснастити системою далекого виявлення балістичних ракет. Знаходиться у повітрі дирижабль повинен не менше місяця. Під час цього енергією його забезпечуватимуть сонячні батареї. А корпорація Raytheon зараз випробовує систему оборони від крилатих ракет, розміщених на дирижаблі. У цей проект Пентагон вклав понад мільярд доларів.

Підписання подібних контрактів фактично означає, що військові визнали важливість дирижаблів як унікальної бойової системи. А відтак і цивільні інвестори почали вкладати гроші в проекти велетенських літаючих готелів, повітряних підйомних кранів тощо.

Відродження дирижаблів обіцяє відкрити нову еру повітроплавання (рис. 1.17, 1.18).



Рис. 1.17. Перші дирижаблі в Україні

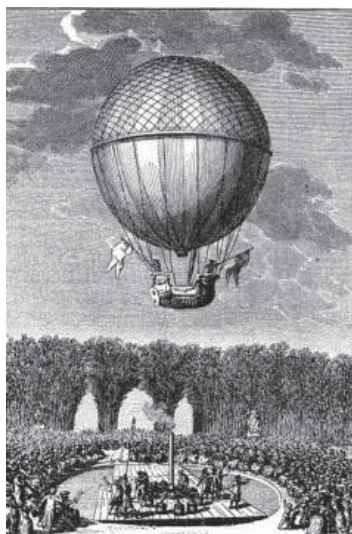


Рис. 1.18. Перші повітряні кулі

1.7. Завдання для самоконтролю (ПВЗ)

1. Дайте відповіді на такі питання: а) чи правильним є твердження, що «всі тіла складаються з молекул»?; б) якщо існує явище дифузії в газах, рідинах і твердих тілах, то чому ж вода не проникає в залізний брусок, що міститься у воді?; в) чи всі речовини можуть перебувати в трьох станах?; г) з більшої і меншої купки книжок витягли нижню книжку. В якому випадку приклали більшу силу, щоб витягти книжку? Чому? Перевірте ваші твердження на досліді.
2. Установіть, які фізичні моделі, модельні досліди, макети, таблиці, плакати можна рекомендувати для вивчення теми «Взаємодія тіл».
3. Складіть методичні рекомендації, які відносяться до навчання учнів складати опорні сигнали та конспекти. Наведіть приклад опорного сигналу, який Ви розробили для вивчення теми «Тиск твердих тіл, рідин і газів».
4. Методика шкільного фізичного експерименту рекомендує підфарбовувати безкольорові рідини, які використовуються в досліді: а) який недолік має марганцево-кислий калій як речовина для підфарбовування?; б) чи потрібно підфарбовувати воду в досліді Паскаля?
5. До коромисла терезів підвішене два циліндри однакової маси: свинцевий і алюмінієвий. Терези перебувають у рівновазі. Чи порушиться рівновага, якщо обидва циліндри опустити у воду; у гас?
6. Чи правильне таке твердження: «Похила площина дає вигреш у силі в стільки разів, у скільки разів її довжина більша за висоту»? Доведіть розрахунками.
7. Кінетична енергія залежить від маси тіла і від швидкості його руху. Придумайте досліди, якими це можна довести.
8. Які прості механізми містить велосипед? Намалюйте їх.
9. Чи дорівнює середня швидкість матеріальної точки підсумі початкової і кінцевої швидкостей, якщо прискорення руху стало? Відповідь обґрунтуйте за допомогою графіка.
10. Два тіла почали падати вільно з однієї й тієї ж самої висоти одне за другим через час t . Через який час від початку падіння відстань між ними дорівнюватиме l ?
11. Які основні ознаки характерні для всіх рухів, що вивчали?
12. У скільки разів кутова швидкість годинникової стрілки більша за кутову швидкість добового обертання Землі?

13. Придумайте прилад, за допомогою якого можна було б демонструвати відносність руху.
14. Визначте, в якій з двох однакових коробок більше сірників, опираючись на знання про падіння тіл (лічити їх під час цього не треба).
15. Потужність пострілу з рушниць набагато більша від потужності, яку розвиває сучасний тепловоз. Чим це пояснити?
16. В якому випадку виконується більша робота: під час підніманні вантажу вгору чи під час переміщенні його на таку саму відстань за горизонтальною площиною? В обох випадках прискорення руху дорівнює нулеві.
17. Важке тіло ковзає без тертя похилою площиною. В одному випадку площина закріплена нерухомо, а в другому — не закріплена. Порівняйте швидкості тіл у нижній точці похилої площини в першому і другому випадку.
18. У процесі вільного падіння тіла його висота над землею зменшується. Чи однаково змінюється потенціальна енергія тіла, що вільно падає, за однакові проміжки часу?
19. Який закон потрібно застосувати для пояснення перелічених явищ: а) жоден механізм не дає виграшу в роботі (у скільки разів ми виграємо в силі, у стільки ж разів програємо у відстані); б) гальмівний шлях для вантажного і легкового автомобілів однаковий, якщо однакові їх початкові швидкості і коефіцієнти тертя; в) людина стрибає з човна на берег, під час цього човен відпливає від берега.
20. Назвіть способи збільшення ККД простих механізмів.
21. Коротко охарактеризуйте такі фізичні величини: імпульс тіла, імпульс сили, кінетична енергія, потенціальна енергія, робота, потужність.
22. Дайте порівняльну характеристику рівнянь руху пружинного і математичного маятників.

Розділ 2

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ОСНОВ ТЕПЛОТИ І МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ

2.1. Теплове розширення твердих і рідких тіл

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (РГ). Будова термометра.
- 2 (РГ). Формула лінійного розширення, її фізичний зміст.
- 3 (ПВЗ). Рідинний термометр лабораторного типу, будова.
- 4 (ПВЗ). Медичний термометр (без ртуті), його схема.
- 5 (ПВЗ). Фізичний зміст коефіцієнта лінійного розширення речовин.

План:

- 2.1.1. Теплове розширення твердих і рідких тіл.
- 2.1.2. Формула об'ємного розширення.
- 2.1.3. Особливості розширення води.

Навчально-методичні завдання:

- 1 (УЗЗ). Описати методичні рекомендації для учнів розв'язувати і складати фізичні задачі на теплове розширення твердих і рідких тіл.
- 2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики:
 - а) Термометри;
 - б) Лінійне розширення твердих тіл;
 - в) Розв'язування олімпіадних задач.
- 3 (УЗЗ). На основі *рисунка 2.3* розказати про принцип дії водяного нагрівання в домі.
- 4 (П). На основі *рисунка 2.2* розробити лабораторну роботу пошуково-дослідницького характеру на тему «Вивчення особливостей теплового розширення води» для учнів старших класів.
- 5 (УЗЗ). На основі *рисунка 2.1* розказати про дослід Дюлонга і Пті.

2.1.1. Теплове розширення твердих і рідких тіл

Знання абсолютного теплового розширення ртуті дозволило Дюлонгу і Пти експериментально досліджувати теплове розширення інших рідин і твердих тіл за допомогою методів, описаних у курсах фізики. Дослідники прийшли до загального висновку, що по відношенню до теплового розширення ртуті, теплове розширення інших тіл, твердих і рідких, виявляється нерівномірним, таке що змінюється з температурою і схильне до великих аномалій поблизу точок плавлення. З цього випливає, що для кожного твердої або рідкої речовини потрібно визначати значення коефіцієнта теплового розширення для кожної температури, а практично — для різних інтервалів температур. Звідси випливає, зазначена Фрідріхом Вільгельмом Бесселя (1784-1846), необхідність врахування температурної поправки у визначенні питомої ваги і складання таблиці поправок для барометричних вимірів. Першою такою таблицею ми зобов'язані Карлу Людвігу Вінклеру, він склав її в 1820 р.

В області теплового розширення твердих тіл Ейльгард Мічерліх (1794-1863) у 1825 р. установив, що всі кристали (за винятком кристалів кубічної системи) розширюються нерівномірно в різних напрямках і, отже, змінюють свою форму зі зміною температури. Це явище було підтверджено Френелем і ґрунтовно досліджено Фізо в численних роботах 1864-1869 рр., де він застосовував дуже чутливий метод, заснований на зміні форми кілець Ньютона за умов зміни товщини шару повітря між двома поверхнями. Одна поверхня досліджуваного тіла робилася злегка опуклою і спиралася на плоско-опуклу лінзу; за допомогою оптичної системи спостерігалися утворені відбитими променями кільця Ньютона у висвітленні монохроматичним світлом. У процесі підігріву, картина кілець змінювалася, і це дозволяло визначати зміна товщини повітряного прошарку. Цей метод придатний також для вивчення некристалічних тіл і має настільки високу точність, що Міжнародний комітет мір і ваг прийняв його для визначення деформації металевого стрижня еталонного метра. За допомогою цього приладу Фізо встановив, що разом з водою деякі інші речовини (алмаз, смарагд та ін.) також володіють максимумом густини і, що йодисте срібло стискується у нагріванні в інтервалі від -10 до $+70^{\circ}\text{C}$.

Академія дослідів встановила, що вода має певним максимумом густини. Це явище заперечувалося Гуком, але приймалося деякими іншими вченими. У 1772 р. Делюков провів систематичне дослідження нерегулярності розширен-

ня води і знайшов, що вода має максимальну щільність у температурі 41°F і, що в процесі зміни температури від 41 до 32°F її розширення таке ж, як і у нагріванні від 41 до 50°F. Ці експерименти були повторені в 1804 р. Румфордом, у 1805 р. Томасом Хоупом (1766-1844), а потім відтворювалися протягом усього століття. У 1868 р. Франческо Россетті (1833-1881) установив максимум щільності між 4,04 і 4,07°C, у 1892 р. Карл Шееле (1866-1936) знайшов, що він лежить у 3,960°C, а Хаппіус через рік після цього встановив значення 3,98°C. Температура в 4°C, яка, відповідно до всіх підручників фізики, відповідає максимуму щільності води, являє собою округлення і тому є умовною величиною.

Вплив температури на період коливань маятника, на який ще в 1670 р. вказав Пікар, було в 1726 скомпенсовано лондонським виробником хронометрів Джорджем Грехемом (1675-1751) за допомогою відомої системи стрижнів з різних металів, що розрізняються за коефіцієнтом теплового розширення. У 1765 р. Джон Гаррісон (1693-1776) ввів метод компенсації для кишенькових годинників, заснований на тому, що пара пластин з різних металів, накладених одна на одну і спаяних, у зміні температури вигинається.

2.1.2. Формула об'ємного розширення

Температурний коефіцієнт об'ємного розширення β — фізична величина, що дорівнює відношенню відносного збільшення об'єму $\frac{dV}{V_0}$ тіла до зміни dt температури, яка зумовила це збільшення: $\beta = \frac{dV}{V_0 dt}$, де V_0 — об'єм у 0°C.

Якщо $\beta = \text{const}$ в інтервалі dt , то: $\beta = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta t}$.

Дюлонг і Пті запропонували вимірювання β за методом сполучених посудин. Цей метод ґрунтується на використанні рівноваги двох стовпчиків рідини, коли рідина в них має різну температуру. За цього розширення посудини не впливає на результат.

Прилад Дюлонга і Пті (рис. 2.1) складається з U-подібної трубки 1-6-4, наповненої досліджуваною рідиною. Одне коліно 1 підтримується у температурі t_1 за рахунок циркуляції води у скляній муфті, що охолоджує коліно. Температура води контролюється термометром 2. Друге коліно 4 підтримується

у температурі t_2 водяною парою, яку пропускають через скляну охоронну муфту. Температуру t_2 визначають з таблиць залежності температури кипіння води від тиску (атмосферний тиск вимірюють барометром).

Температуру кипіння води визначають за емпіричною формулою:

$$T_2 = 100 + 0,0375 \times (p_{\text{атм.}} - 760), \text{ де } p_{\text{атм.}} \text{ — атмосферний тиск.}$$

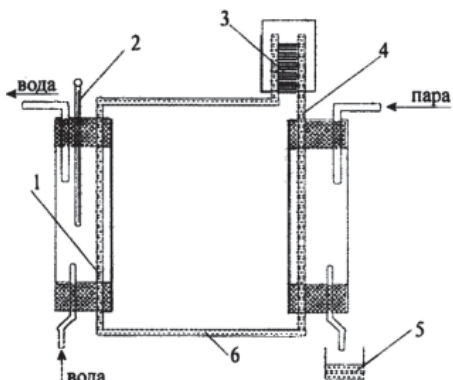


Рис. 2.1. Прилад Дюлонга і Пті

Верхні частини трубок 1 і 4 зближені, щоб можна було визначити висоту рівнів рідини в трубках h_1 і h_2 в одній шкалі 3.

Отже, нерівномірне прогрівання повітря біля поверхні Землі створює конвекційні потоки (вітер), які зумовлюють зміну погоди. Нерівномірне прогрівання води в морях і океанах створює течії, які впливають на клімат прибережних країн. Особливо в гірських місцевостях. Це призводить до розширення і стискання гірських порід. Оскільки такі зміни об'єму залежать від роду речовини, то в гірських породах, що мають складну будову, виникають тріщини, які поступово збільшуються, тобто ці породи руйнуються.

У побуті і техніці залежність густини речовини, довжини і об'єму тіл від температури також має дуже велике значення. Залежність густини повітря від температури використовується в квартирах для рівномірного розподілу тепла, яке виділяють печі і радіатори, у грубках — для створення тяги, у холодильниках — для рівномірного охолодження камери. Залежність густини повітря від температури доводиться враховувати у натягуванні провідів на лініях електропередачі, під час прокладання паропроводів і рейок, спорудження мостів тощо.

2.1.3. Особливості розширення води

Нагрівання тіл не завжди одночасно веде до збільшення їхніх лінійних розмірів об'єму.

Так, з нагріванням води від 0°C її об'єм спочатку зменшується, тобто вона стискається, і, відповідно, її густина збільшується, а, досягаючи максимуму, за 4°C і далі, її об'єм починає збільшуватись (а густина зменшуватись) і залежність об'єму від температури стає звичайною — з підвищенням температури об'єм зростає (рис. 2.2).

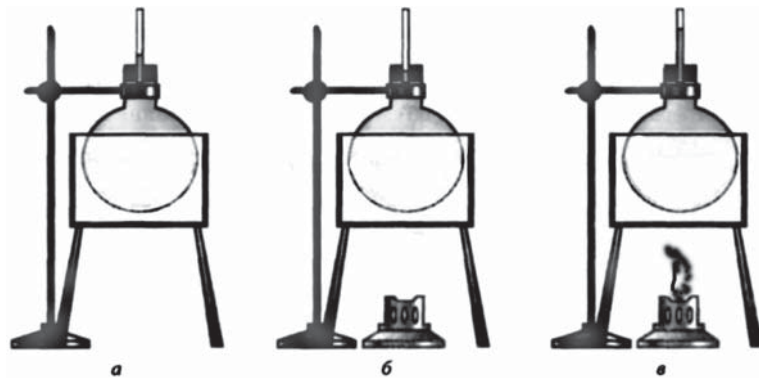


Рис. 2.2. Теплове розширення води

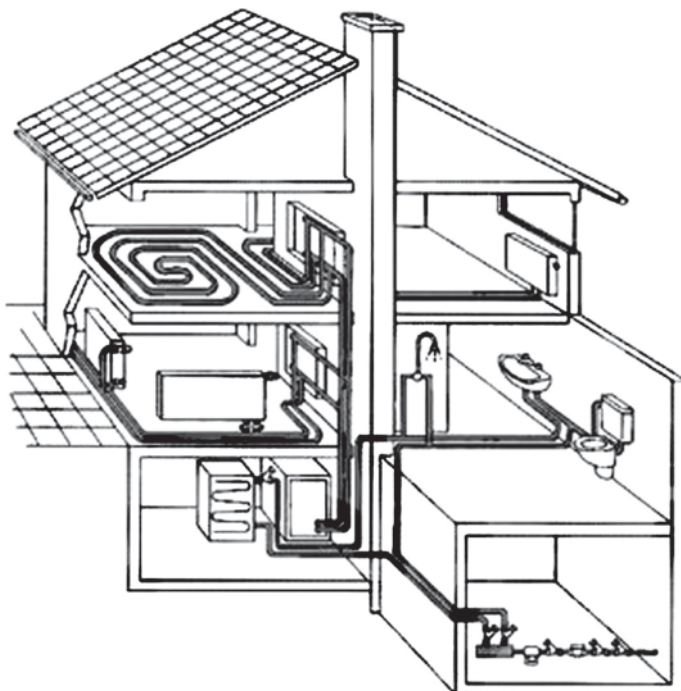


Рис. 2.3. Термокотли, конвектори

2.2. Робота і теплота

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (ПВЗ). Розказати про зміну стану тіл, внутрішню енергію тіл.
- 2 (ПВЗ). Зміна нагрівання тіл у здійсненні роботи.
- 3 (ПВЗ). На основі *рис. 2.4.* описати процес теплопередачі.

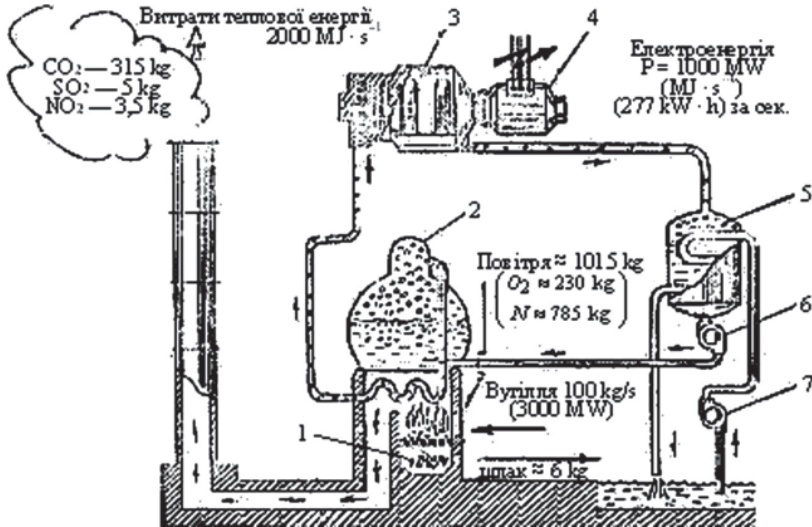


Рис. 2.4. Схема ТЕС

План:

- 2.2.1. Калорія.
- 2.2.2. Принцип збереження енергії.
- 2.2.3. «Вічний двигун».

Навчально-методичні завдання:

- 1 (УЗЗ). Описати методичні рекомендації для учнів розв'язувати і складати фізичні задачі на роботу і енергію.
- 2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики: а) Закон збереження енергії; б) Механічна робота.

2.2.1. Калорія

Калорія — традиційна позасистемна одиниця вимірювання енергії, що дорівнює енергії, необхідній для нагрівання 1 г води на 1°C. Дорівнює приблизно 4,2 Джоуля.

Енергія, яка потрібна для нагрівання одного граму води на 1°C залежить від початкової температури, кількість такої енергії важко визначити точно. Тому існує декілька визначень калорії. Два найуживаніші визначення — термохімічна калорія (рис. 2.5) і калорія в 15°C.

Коефіцієнти, які використовуються для переведення калорій у джоулі чисельно дорівнюють вираженню питомої теплоємності води у джоулях на грам або кілоджоулях на кілограм.

Калорія за 4°C це є кількість енергії, необхідна для нагрівання одного граму води вільної від повітря від 3,5°C до 4,5°C за умов стандартного атмосферного тиску.

Джоуль дорівнює роботі, яку здійснюють у переміщенні точки прикладання сили, рівної одному Ньютону, на відстань одного метра в напрямку дії сили.

$$1 \text{ Дж} = \text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2 = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Вт} \cdot \text{с}.$$

$$1 \text{ 000 000 Дж} \approx 0,28 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

$$1 \text{ Дж} \approx 0,24 \text{ калорії}.$$

$$1 \text{ Дж} \approx 6,2415 \times 10^{18} \text{ еВ}.$$

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3 \text{ 600 000 Дж}.$$

$$1 \text{ калорія} \approx 4,19 \text{ Дж}.$$



Світло лампочки 1,5 години



Рух автомобіля до 100 км

Рис. 2.5. Як працюють ккалорії

2.2.2. Принцип збереження енергії



Рис. 2.6.
М.В. Ломоносов

М.В. Ломоносов (1711–1765) — великий російський учений природознавець, людина енциклопедичних знань, різносторонніх інтересів і здібностей, член Петербурзької академії наук (рис. 2.6).

Оптика і теплота, електрика і тяжіння, метеорологія і мистецтво, географія і металургія, історія і хімія, філософія, література, геологія і астрономія — ось ті галузі, в яких залишив свій слід М.В. Ломоносов.

У 1760 році він був обраний почесним членом Шведської академії наук, а в 1764 р. — членом Болонської академії. Саме М.В. Ломоносовим у 1744 р. був чітко сформульований закон збереження маси і руху як загальний закон природи: *«Все перемены в натуре случающиеся, имеют такую суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимается, столько присовокупится к другому, так ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте... сей всеобщий естественный закон простирается и в самые правила движения, ибо тело, движущее своею силою другое, столько же оной у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает».*

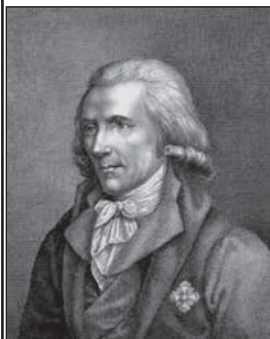


Рис. 2.7. Б. Томпсон

Бенджамін Томпсон (Румфорд) (1753– 1814) — відомий природодослідник і політичний діяч, за походженням американець, народився у штаті Массачусетс (рис. 2.7).

У 1784 році вступив на державну службу в Баварії, де обіймав високі посади, сприяв кращій організації баварських військ, засновував школи для солдатських дітей, відкривав фабрики і взагалі зробив багато корисного країні, унаслідок чого у 1790 році за заслуги був наділений титулом графа Румфорда.

У 1798 році Румфорд повернувся до Англії, де зайнявся науковою діяльністю і разом з Деві значно сприяв встановленню погляду на теплоту як особливий вид руху.

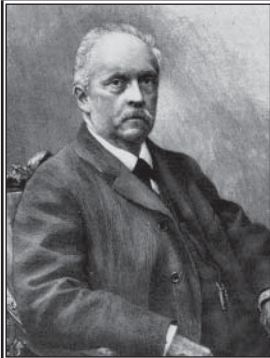


Рис. 2.8. Гельмгольц
Герман Людвіг
Фердинанд

Гельмгольц Герман Людвіг Фердинанд (1821–1894) — один з найбільших німецьких учених XIX століття (рис. 2.8).

Фізика, фізіологія, анатомія, психологія, математика. У кожній з цих наук він зробив блискучі відкриття, що принесли йому світову славу.

Не дивлячись на те, що Джоуль обґрунтував закон збереження енергії на досліді, він не дав у своїх роботах його виразного формулювання. Ця заслуга належить німецькому природодосліднику Герману Гельмгольцу, який у 1847 році в праці «Про збереження сили» виклав у найбільш загальному вигляді закон збереження енергії. 26-річний автор цієї праці був лікарем-хірургом гусарського ескадрону. Незабаром він розлучився з військовою службою і цілком присвятив себе науці.

Велике значення мав наведений у цій же праці доказ того, що процеси в живих організмах теж підкоряються закону збереження і перетворення енергії. У ній детально обґрунтований закон збереження енергії і вперше дано його математичне трактування, що підкреслює загальний характер цього закону. Надалі на долю інших вчених залишилися лише перевірка і прикладання принципу збереження і перетворення енергії. Успіх усіх цих досліджень привів до того, що закон збереження і перетворення енергії був загально-визнаний як фундаментальний закон природознавства.

Згідно з механічною теорією теплоти передача енергії від однієї системи до іншої або від одного тіла до другого відбувається тільки в двох можливих формах — у формі теплоти або у формі роботи. У першому випадку енергія передається у вигляді хаотичного (теплого) руху молекул і атомів без зміни форми руху в самому процесі її передачі. У другому випадку енергія, що перетворюється з одного виду в інший, передається у формі направленої руху. Передача енергії у формі теплоти виникає завжди за наявності різниці температур між тілами (зовнішній теплообмін) або між окремими частинами одного і того ж тіла (внутрішній теплообмін).

2.2.3. «Вічний» двигун

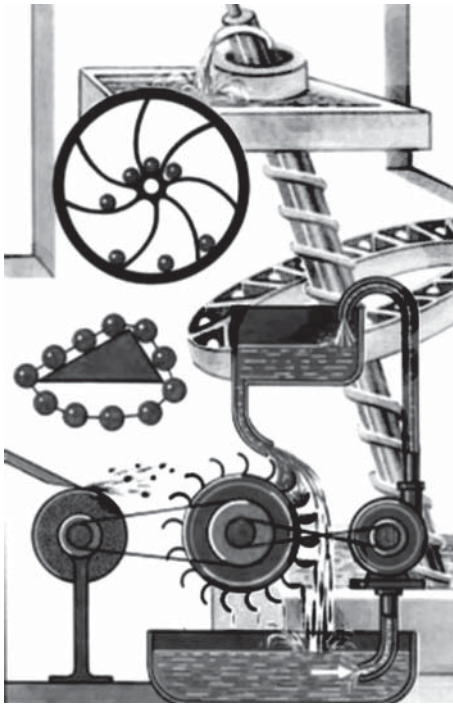


Рис. 2.9. «Вічний» двигун

Вічний двигун — уявна машина, яка здатна працювати як заводно довго, здійснюючи корисну роботу, а її ККД рівний 100%. Упродовж всієї історії людства науковці та винахідники намагаються згенерувати такий пристрій, проте, навіть на початку XXI століття вічний двигун — це всього лише науковий проект (рис. 2.9).

Бажання створити *вічний двигун* було ще у древніх греків. Однак перша письмова згадка про вічний двигун датується приблизно 1150 роком. Індійський поет, математик і астроном Бхаскара описує в своєму вірші незвичайне колесо з прикріпленими навкоси по обо-

ду довгими, вузькими судинами, наполовину заповненими ртуттю. Учений обґрунтовує принцип дії пристрою на відмінності моментів сил тяжіння, створюваних рідиною, яка переміщується в судинах, поміщених на ободі колеса.

Уже приблизно з 1200 року проекти вічних двигунів з'являються в арабських літописах. Незважаючи на те, що арабські інженери використовували власні комбінації основних конструктивних елементів, головною частиною їх пристроїв залишалось велике колесо, що оберталось навколо горизонтальної осі і принцип дії був схожий з роботою індійського вченого.

У Європі перші креслення вічних двигунів з'являються одночасно з уведенням в обіг арабських цифр, тобто на початку XIII століття. Першим європейським автором ідеї вічного двигуна вважається середньовічний французький архітектор і інженер Війяр д'Оннекур, відомий як будівель-

ник кафедральних соборів і творець цілої низки цікавих машин і механізмів.

Знамениті інженери епохи відродження, серед яких були знамениті Маріано ді Жакопо, Франческо ді Мартіні і Леонардо да Вінчі, також виявляли інтерес до проблеми вічного двигуна, однак жоден проект не був втілений на практиці. У 17 столітті якийсь Йоганн Ернст Еліас Бесслер стверджував, що винайшов вічний двигун і готовий продати ідею за 2000000 талерів. Свої слова він підтверджував публічними демонстраціями працюючих прототипів. Найбільш вражаюча демонстрація винаходу Бесслера сталася 17 листопада 1717 р. Вічний двигун з діаметром валу більше 3,5 м був приведений в дію. У цей же день кімната, в якій він перебував, була замкнена, і відкрили її тільки 4 січня 1718 року. Двигун все ще працював: колесо крутилося з тією ж швидкістю, що й півтора місяця тому. Репутацію винахідника підмочила служниця, заявивши, що вчений обманює обивателів. Після цього скандалу інтерес до винаходів Бесслера знизився і вчений помер у злиднях, але всі креслення і прототипи він перед цим знищив.

У 1775 році Паризька академія наук — найвищий в ту пору науковий трибунал Західної Європи — виступила проти безпідставної віри в можливість створення вічного двигуна і прийняла рішення не розглядати більше заявки на патентування даного пристрою.

В історії винаходів вічного двигуна магніт зіграв не останню роль. От приклад такого двигуна, описаного в XVII столітті єпископом Джоном Вилкенсоном.

Сильний магніт міститься на колонку. До неї притулені два похилих жолоби, один під іншим, причому верхній має невеликий отвір у верхній частині, а нижній зігнутий. Якщо на верхній жолоб покласти невелику залізну кульку, то внаслідок притягання магнітом він покотиться нагору, однак, дійшовши до отвору, він провалиться в нижній жолоб, скотиться по ньому, підніметься по кінцевому закругленню й знову потрапить на верхній жолоб. Таким чином, кулька буде бігати безупинно, здійснюючи тим самим вічний рух.

Поясніть абсурдність цього винаходу з фізичної точки зору.

2.3. Молекулярно-кінетична теорія (МКТ)

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (ПВЗ). Розказати про молекули і атоми, їх будову, розміри.
- 2 (РГ). Охарактеризувати Броунівський рух.
- 3 (УЗЗ). Назвати основні закони хімії: закони постійних і кратних відношень.
- 4 (ПВЗ). Охарактеризувати внутрішню енергію з точки зору молекулярної теорії.
- 5 (ПВЗ). Розказати про М.В. Ломоносова (див. *рис. 2.6*).

План:

- 2.3.1. Мікросвіт.
- 2.3.2. Молекулярний рух у газах, рідинах, твердих тілах.
- 2.3.3. Молекулярні та міжмолекулярні сили.

Навчально-методичні завдання:

- 1 (УЗЗ). Описати методичні рекомендації для учнів як розв'язувати фізичні задачі на МКТ.
- 2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики:
 - а) Основні положення МКТ;
 - б) Основне рівняння МКТ;
 - в) Рівняння Менделєєва-Клапейрона. Ізопроееси в газах.
- 3 (УЗЗ). На основі *рисунка 2.10*. розказати про мікросвіт у природі.
- 4 (П). На основі *рисунка 2.12*. розказати про молекулярні сили.
- 5 (УЗЗ). На основі *рисунка 2.12*. описати евристичну бесіду із старшокласниками.
- 6 (П). Пояснити: «Рідини займають проміжне місце між газами і твердими тілами, яким властивий суворий порядок розташування частинок, що утворюють речовину. У твердих речовинах частинки розташовані у просторі суворо закономірно для кожної речовини...».
«Алмаз та інші речовини, які мають атомні кристалічні ґратки, характеризуються великою твердістю, дуже високими температурами плавлення і кипіння, вони практично не розчиняються в жодних розчинниках, не проводять електричний струм, оскільки...».

2.3.1. Мікросвіт

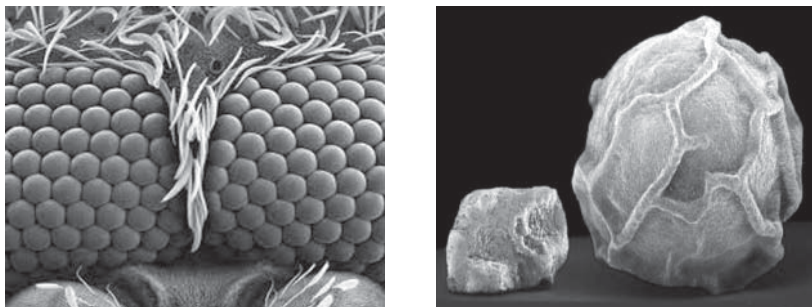


Рис. 2.10. *Очі мухи і крихти солі та перцю*

Для опису явищ мікросвіту зазвичай залучають квантову механіку (іноді її ще називають хвильовий механікою). Закони квантової механіки складають фундамент вивчення будови речовини. Розробка квантової механіки відноситься до початку ХХ століття, коли були виявлені дві, здавалося б, не пов'язані між собою групи явищ (встановлення на досвіді двоїстої природи світла — дуалізму світла і неможливість пояснити на основі наявних уявлень існування стійких атомів і їх оптичні спектри), що свідчать про незастосовність механіки Ньютона і класичної електродинаміки до процесів взаємодії світла з речовиною і до процесів, що відбуваються в атомі. Встановлення зв'язку між цими групами явищ і спроби пояснити їх на основі нової теорії і привели до відкриття законів квантової механіки.

У 1926 році Е. Шредінгер запропонував рівняння, яке описує поведінку таких «хвиль» у зовнішніх силових полях, — виникла хвильова механіка. Хвильове рівняння Шредінгера є основним рівнянням нерелятивістської квантової механіки. У 1928 році П. Дірак сформулював релятивістське рівняння, яке описує рух електрона в зовнішньому силовому полі і стало одним з основних рівнянь релятивістської квантової механіки.

Другий напрямок розвитку починається з роботи Ейнштейна, присвяченій теорії теплоємності твердих тіл. Узагальнюючи ідею квантування енергії осцилятора електромагнітного поля на осцилятор довільної природи, він стверджував, що якщо тепловий рух твердих тіл зводиться до коливань атомів, то й тверде тіло динамічно еквівалентно набору осциляторів з квантованою енергією, тобто різниця сусідніх рівнів енергії дорівнює $h\nu$, де ν — частота коливань атомів.

У 1913 році М. Бор застосував ідею квантування енергії до теорії будови атома, планетарна модель якого слідувала з результатів дослідів Е. Резерфорда. Відповідно до цієї моделі, у центрі атома знаходиться позитивно заряджене ядро, в якому зосереджена майже вся маса атома, а навколо ядра обертаються по орбітах негативно заряджені електрони.

Подальша розробка питань теорії атома призвела до розуміння, що рух електронів в атомі не можна описувати в термінах класичної механіки (як рух по певній траєкторії або орбіті), оскільки рух електрона між рівнями не підкоряється законам, що визначає поведінку електронів в атомі. Була потрібна нова теорія, в яку входили б тільки величини, що відносяться до початкового і кінцевого стаціонарним станам атома.

У 1925 році В. Гейзенберг побудував формальну схему, де замість координат і швидкостей електрона фігурували абстрактні алгебраїчні величини — матриці. Зв'язок матриць з спостережуваними величинами (рівнями енергії та інтенсивностями квантів, переходів) описувався простими несуперечливими правилами Рівняння Шредінгера дозволило показати математичну еквівалентність хвильової (заснованої на рівнянні Шредінгера) і матричної механіки. У 1926 році Борн дав імовірнісну інтерпретацію хвиль де Бройля.

Велику роль у створенні квантової механіки зіграли роботи П. Дірака, який заклав основи квантової електродинаміки і квантової теорії гравітації, розробив квантову статистику, релятивістську теорію руху електрона, передбачив позитрон і т.д. Остаточне формування квантової механіки відбулося в результаті робіт Гейзенберга.

Протягом короткого часу квантову механіку з успіхом застосували для створення теорії атомних спектрів, будови молекул, хімічного зв'язку, періодичної системи елементів, металевої провідності і феромагнетизму. Подальше принципове розвиток квантової теорії пов'язано, головним чином, з релятивістської квантової механікою.

2.3.2. Молекулярний рух у газах, рідинах, твердих тілах

Рух молекул у різних тілах відбувається по-різному.

Молекули газів безладно рухаються з більшими швидкостями (сотні м/с) об'ємом. Зіштовхуючись, вони відскакують друг від друга, змінюючи величину й напрямок швидкостей.

Молекули рідини коливаються біля рівноважних положень (тому що розташовані майже впритул друг до друга) і порівняно рідко перескакують із одного рівноважного положення в інше. Рух молекул у рідинах є менш вільним, чим у газах, але більше вільним, чим у твердих тілах.

У твердих тілах частки коливаються біля положення рівноваги.

Дослід Отто Штерна

Швидкість молекул визначають наступним чином (рис. 2.11): у циліндрі 1 з вертикальною щілиною 2, з якого видалено повітря, знаходиться вольфрамова (платинова) нитка розжарювання, покрита, наприклад, сріблом. Циліндр 1 знаходиться в циліндрі 3, з якого також відкачали повітря. Якщо через вольфрамову нитку пропустити струм, то у її нагріванні срібло буде випаровуватися, причому частина молекул срібла буде проходити через щілину 2 циліндра 1 та потрапляти на внутрішню стінку циліндра 3, утворюючи у цьому наліт з металу.

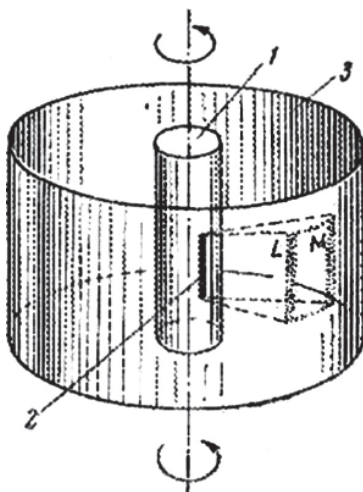


Рис. 2.11. Установа Штерна

Якщо цю установку привести в рухомий стан, то можна помітити зміщення місця нальоту металу у бік, протилежний обертанню. Це пояснюється тим, що поки молекули рухались від циліндра 1 до точки M на внутрішній стіні циліндра 3, положення точки M змістилося на відрізок ML . Якщо обидва циліндри рівномірно оберталися з кутовою швидкістю ω , то протягом часу t , за який атоми срібла пролітали відстань $R-r$ від щілини до стінки зовнішнього циліндра, останній встигав повернутися на кут $\varphi = \omega t$, і атоми потрапляли в інше місце. Коли б усі атоми рухалися з однаковою швидкістю U , зображення щілини зміщувалося б, не змінюючи своєї форми, на деяку відстань d , вимірявши яку можна обчислити швидкість атомів.

Зміщення зображення щілини $d = \omega R t$, а час $t = \frac{R-r}{U}$,
тоді $d = \omega R \frac{R-r}{U}$, звідки $U = \omega R \frac{R-r}{d}$.

Знаючи місце від щілини до точки M та відстань зміщення ML , число обертів установки n і радіус зовнішнього циліндру, можна обчислити швидкість молекул. Цей дослід має назву дослід Штерна.

Чим більша швидкість молекул срібла, тим на більшу відстань вони зміщуються.

Під час проведення досліду з різними температурами, з'ясувалося, що зі збільшенням температури швидкість молекул збільшується, зі зменшенням температури — зменшується.

2.3.3. Молекулярні та міжмолекулярні сили

Унаслідок взаємного притягання між окремими молекулами рідини і повітря чи твердої поверхні, що знаходяться з рідиною в контакті, виникають сили зчеплення. Ці сили, які виникають між окремими частинками, що знаходяться всередині рідини, взаємно урівноважуються. Але ця однорідність молекулярних зв'язків усередині рідини порушується на її межах. Тому поверхня рідини з іншою рідиною, що не зміщується з нею, повітрям, газом чи насиченою паром завдяки силам взаємного притягування молекул поверхневого шару знаходяться у стані рівномірного натягу.

У загальному випадку роботу утворення одиниці площі поверхні границі фаз у постійній температурі називають поверхневим натягом. Для рідини поверхневий натяг часто визначають як силу, що діє на одиницю довжини контуру границі фаз, і намагається скоротити цю поверхню до мінімуму. Поверхневий натяг виражається в одиницях сили віднесених до довжини, Н/м.

Поверхневий натяг намагається скоротити поверхню рідини, викривляючи її. Але малов'язкі рідини взяті у великій кількості, приймають форму посудини, в якій вони знаходяться, і їх вільна поверхня є практично плоскою, тому що сила земного тяжіння долає сили поверхневого натягу. Молекулярні сили поверхневого натягу створюють додаткове зусилля, які змінюють тиск у рідини.

Міжмолекулярні сили — взаємодія між електрично нейтральними молекулами у просторі. У залежності від полярності молекул характер міжмолекулярної взаємодії різний. Розрізняють *орієнтаційний*, *індукційний* та *дисперсійний* типи міжмолекулярної взаємодії. Природа останнього залишалася неясною до створення квантової механіки.

Орієнтаційний тип міжмолекулярної взаємодії виникає між двома полярними молекулами, тобто, такими, які мають власний дипольний момент. Взаємодія дипольних моментів і визначає результуючу силу — притягання або відштовхування. У випадку, якщо дипольні моменти молекул розміщуються на одній лінії, взаємодія молекул буде найінтенсивніша.

Індукційний тип міжмолекулярної взаємодії виникає між однією полярною та однією неполярною молекулами. За типової взаємодії полярна молекула поляризує неполярну молекулу так, що заряд неполярної молекули, протилежний діючому на неї заряду полярної молекули, зміщується до останнього: загалом, позитивний заряд зміщується за напрямом електричного поля, яке створює полярна молекула, а негативний — проти. Це обумовлює поляризацію неполярної молекули, тобто, явища зміщення зв'язаної електронної оболонки відносно центру позитивного заряду.

Дисперсійний тип міжмолекулярної взаємодії виникає між двома неполярними молекулами (рис. 2.12).

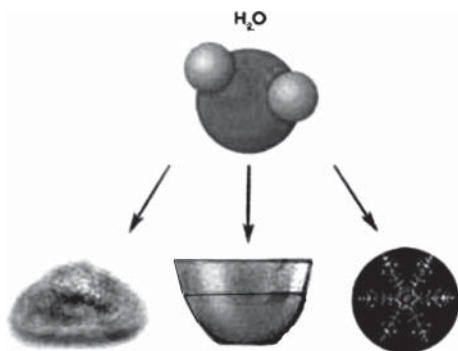


Рис. 2.12. Агрегатні стани води

2.4. Властивості газів

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (РГ). Розказати про тиск газів.
- 2 (РГ). Залежність тиску газу від температури.
- 3 (ПВЗ). Газові закони і їх фізичний зміст.
- 4 (ПВЗ). Розказати про грам-молекули.
- 5 (ПВЗ). Фізичний зміст закону Авогадро.

План:

- 2.4.1. Залежність тиску газу від температури.
- 2.4.2. Закон Дальтона.
- 2.4.3. Правило Дюлонга і Пті.

Навчально-методичні завдання:

1 (УЗЗ). Скласти методичні рекомендації для учнів як розв'язувати фізичні задачі на властивості газів.

2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики:

- а) Ізопроееси в газах;
- б) Абсолютна температура;
- в) Розв'язування творчих задач.

3 (УЗЗ). На основі *рис. 2.13* розказати про ізопроеес у газі.

4 (П). Розказати про П'єра Луїза Дюлонга (*рис. 2.16*).

5 (УЗЗ). Пояснити принцип побудови температурних шкал Цельсія і Кельвіна. Встановити формули, що виражають співвідношення між значеннями температури, вимірюваної за шкалами Цельсія і Кельвіна.

6 (УЗЗ). Побудувати схему досліду Штерна і пояснити його сутність. Записати формулу, за якою визначають середню швидкість руху атомів речовини в досліді Штерна.

7 (ПВЗ). Які молекули в атмосфері Землі рухаються швидше: молекули азоту чи молекули кисню?

8 (ПВЗ). Записати формулу, що показує, як залежить від температури середня кінетична енергія поступального руху молекули.

2.4.1. Залежність тиску газу від температури

Вимірявши тільки тиск газу, не можна знати ні середнього значення кінетичної енергії молекул, ні їх концентрацію. Очевидно для знаходження мікроскопічних параметрів газу потрібно виміряти ще якусь величину, пов'язану із середньою кінетичною енергією молекул. Такою величиною у фізиці є температура T . Це одна із фізичних величин, що характеризують внутрішній стан тіла. Вона є макроскопічним параметром, тому характеризує всю сукупність молекул, з яких складається тіло.

Основне рівняння МКТ: $p = nkT$, де p — тиск газу; n — концентрація молекул ідеального газу; k — стала Больцмана; T — абсолютна температура газу. Це співвідношення свідчить, що гази з однаковими значеннями температури і тиску мають однакові концентрації (закон Авогадро).

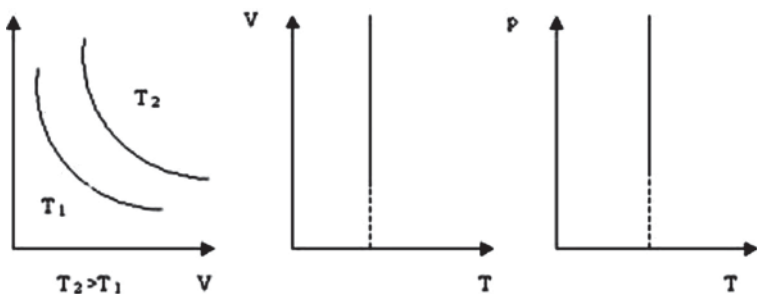


Рис. 2.13. Ізопроец у газі

Виконайте завдання на повне володіння знаннями:

1. У чому полягає закон Бойля-Маріотта?
2. Зобразити графік ізохоричного процесу для різних випадків.
3. Сформулювати закон Гей-Люссака. У чому полягає закон Шарля?

4. Записати закони Гей-Люссака і Шарля, якщо температура виражена в кельвінах (K) і градусах Цельсія ($^{\circ}\text{C}$).

5. *Задача.* Скляний балон об'ємом 10^{-3} м^3 наповнили газом масою $0,0989 \text{ кг}$ до тиску $9,8 \cdot 10^4 \text{ Па}$. Частину газу випускають з балона і тиск зменшується до $5 \cdot 10^4 \text{ Па}$. Маса газу стала дорівнювати $0,093 \text{ кг}$. Знайдіть густину газу в атмосферному тиску. Температуру газу вважайте незмінною.

6. *Задача.* Посудина, яка має в своєму складі 10^{-2} м^3 повітря у нормальному тиску, з'єднують з посудиною

об'ємом $9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, в якій немає повітря. Знайдіть тиск повітря, що встановиться в посудинах (температуру вважати незмінною).

2.4.2. Закон Дальтона



Рис. 2.14. Учений Дальтон

Тиск суміші газів дорівнює сумі тисків кожного з газів:

$$p = n_1 kT + n_2 kT + \dots + n_n kT = p_1 + p_2 + \dots + p_n,$$

де p_1, p_2, \dots, p_n — тиск, який чинить кожен газ окремо від інших і називається парціальним. Отримане співвідношення для тисків суміші газів має назву закону Дальтона (рис. 2.15).

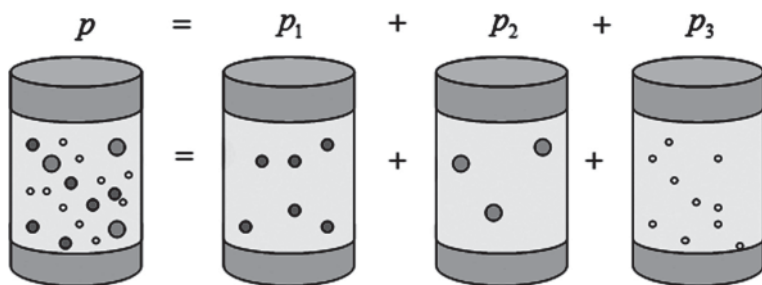


Рис. 2.15. Закон Дальтона

2.4.3. Правило Дюлонга і Пті

Емпіричне правило, згідно з яким теплоємність при постійному об'ємі для всіх простих твердих тіл не залежить від температури і складає $6 \text{ кал}/(\text{моль} \cdot \text{град})$, встановлений французькими вченими в 1819 р.

Правило приблизно справедливе для більшості елементів і простих з'єднань при кімнатній температурі. В області низьких температур правило невірне.

П'єр Луїз Дюлонг — французький фізик і хімік, член Паризької АН (1823 р.) (рис. 2.16). За спеціальністю лікар. Професор хімії Ветеринарної школи. З 1820 р. професор фізики Політехнічної школи в Парижі. Уперше одержав хлористий азот (1811 р.) і фосфорну кислоту (1816 р.).

У 1819 р. разом з А. Пті встановив закон теплоємності твердих тіл; вони вивели також загальну формулу швидкості охолодження тіл і винайшли катетометр.



Рис. 2.16. П'єр Луїз Дюлонг

Для хімічно простих твердих тіл (кристалів) внутрішня енергія дорівнює $U = 3RT$, а теплоємність $C_v = C_p = 3R$, оскільки $R = 2 \text{ кал}/\text{град} \cdot \text{моль}$, то $C \approx 6 \text{ кал}/\text{град} \cdot \text{моль}$, тобто атомна теплоємність усіх хімічно простих кристалів при достатньо високій температурі дорівнює $6 \text{ кал}/\text{град} \cdot \text{моль}$.

Це є суть правила Дюлонга-Пті.

Правило Дюлонга-Пті виконується для кристалів металів Al, Fe, Cd, Au при кімнатних температурах. Тоді коливання атомів в них можна вважати незалежними один від одного. Це ілюструє будову і взаємодію атомів у кристалах.

2.5. Властивості рідин

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (РГ). Розказати про будову рідин.
- 2 (ПВЗ). Розмежувати: поверхнева енергія і поверхневий натяг.
- 3 (ПВЗ). Пояснити як утворюються рідинні півки.
- 4 (ПВЗ). Розказати про розчинення газів.
- 5 (ПВЗ). У чому фізичний зміст взаємного розчинення рідин?

План:

- 2.5.1. Розміщення молекул у поверхні тіл.
- 2.5.2. Адсорбція і флоатація.
- 2.5.3. Розчинення твердих тіл у рідинах.

Навчально-методичні завдання:

- 1 (УЗЗ). Скласти методичні рекомендації для учнів розв'язувати фізичні задачі на властивості рідин.
- 2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики:
 - а) Капілярні явища;
 - б) Дифузія у рідинах;
 - в) Розв'язування фізичних задач підвищеної складності.
- 3 (УЗЗ). На основі *рис. 2.13* розказати про ізопроцес у газі.
- 4 (П). Розказати про П'єра Луїза Дюлонга (*рис. 2.16*).
- 5 (УЗЗ). Провести дослід і пояснити, чому крапля аніліну всередині соленого розчину приймає форму кульки.
- 6 (УЗЗ). Провести дослід і пояснити, що відбувається з мильною півкою, коли вона лопається. Куди вона зникає?
- 7 (ПВЗ). Пояснити, з фізичної точки зору, чому з мокрого піску будують пляжні скульптури, а з сухого — ні.
- 8 (ПВЗ). Пояснити, чому цівка меду, яка стікає з ложки, збирається кулькою та піднімається вгору.
- 9 (УЗЗ). Запропонувати прилад або його схему для визначення поверхневого натягу рідини.
- 10 (УЗЗ). Яку роботу потрібно виконати, щоб за температури 20°C видути мильну бульбашку діаметром 10 см?

2.5.1. Розміщення молекул у поверхні тіл

Будь-яка хімічна однорідна речовина може бути за одних умов у газоподібному стані, а за інших — у рідкому. Водночас за своїми властивостями газу і рідини суттєво відрізняються. Рідини, як і газу, не мають певної форми і набувають форми тієї посудини, в якій знаходяться, але газ не має власного об'єму V і займає будь-який наданий йому об'єм. Об'єм рідини — сталий. Газ відносно легко стискається, а рідини майже нестисливі. Можливість вільного переміщення молекул рідини одна відносно одної обумовлює їх плинність.

Найбільш характерною властивістю рідини, що відрізняє її від газу, є те, що на межі з газом рідина утворює *вільну поверхню*. На кожен молекулу рідини діють сили притягання сусідніх молекул. Ці сили для молекул, що знаходяться всередині рідини, взаємно скомпенсовані.

Рівнодійна ж сила притягання, що діє на молекули, які знаходяться на поверхні розділу, напрямлена вниз (всередину рідини), тобто молекули поверхні мають так звану надлишкову поверхневу енергію. На поверхні утворюється дефіцит молекул, через що відстань між молекулами набагато більша від норми, тому поверхневий шар рідини розтягнутий і між молекулами на поверхні діють сили притягання або *сили поверхневого натягу*. Мінімальну поверхню серед тіл певного об'єму має куля. Тому за відсутності (або дуже малої) дії сил рідина набуває форми кулі.

Підтвердженням цього є дослід Плато з руху краплини аніліну в посудині з рідиною, густина якої дорівнює густині аніліну.

Виконайте завдання на рівень повного володіння знаннями:

1. Якої форми набувають краплі рідини в невагомості? Чому?

2. Що являє собою сила поверхневого натягу? Яка формула виражає зміст цього поняття?

3. Вивести формулу, за якою визначають висоту підняття чи опускання рідини в капілярі.

4. Чому жирові плями на одязі не вдається змити водою?

5. На основі *рисунок 2.17* пояснити капілярні явища.

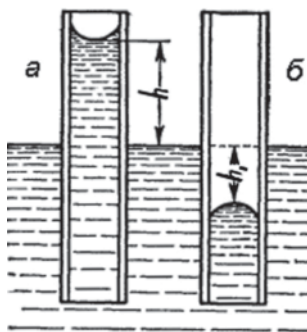


Рис. 2.17. Капілярні явища

2.5.2. Адсорбція і флоатація

Адсорбція — вибіркове поглинання речовини з газового чи рідкого середовища поверхневим шаром твердого тіла (адсорбенту) чи рідини (рис. 2.18). Компонент що поглинається, який вміщується в суцільному середовищі, називають адсорбтивом, а той що вміщується в адсорбенті — адсорбатом. Наприклад, активоване вугілля адсорбує газ.

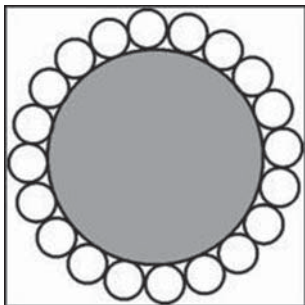


Рис. 2.18. Адсорбція

Адсорбція відбувається під впливом молекулярних сил поверхневого шару адсорбенту. У деяких випадках молекули адсорбату (речовини, які поглинають) взаємодіють з молекулами адсорбенту і утворюють з ними поверхневі хімічні сполуки (хемосорбція). За постійної температури фізична адсорбція збільшується у підвищенні тиску або концентрації розчину.

Флоатація являє собою процес поділу дрібних твердих частинок (головним чином, мінералів), заснований на розходженні їх у змочуваності водою.

У залежності від характеру і способу утворення міжфазних кордонів (вода — масло — газ), на яких відбувається закріплення поділюваних компонентів розрізняють кілька видів флоатації:

- 1) пневматична — флоатація бульбашками, що утворюються у пропущенні стисненого газу через пористі барботер;
- 2) механічна — флоатація бульбашками, що утворюються у диспергуванні вводиться газу механічними пристроями;
- 3) флоатація з виділенням газу з розчину (вакуумна або напірна) — флоатація бульбашками, що виділяються з пересичених розчинів газів у воді відповідно у розрідженні або атмосферному тиску;
- 4) електрофлоатація — флоатація бульбашками, що утворюються в електролізі води.

2.5.3. Розчинення твердих тіл у рідинах

Розчинення — це довільний процес, що іде зі збитком вільної енергії у зіткненні розчиненої речовини з розчинником (рис. 2.19).

Він має дві стадії: руйнування кристалічної решітки; дифузія розчиненої речовини у середину розчинника.

На першій стадії активну роль грають молекули розчинника. Вони, упродовжуючись в решітку, послабляють сили взаємодії між частками і сприяють переходу речовини з твердого стану в рідкий. Без цього переходу розчинення неможливо. На другій стадії дифузія відбувається дуже повільно, саме вона і визначає малу швидкість процесу розчинення.

Швидкість розчинення можна збільшити наступними етапами: через здрібнювання твердої речовини, за цього поверхня зіткнення розчиненої речовини з розчинником збільшується; перемішуванням; нагріванням розчину.

Насиченим називається такий розчин, який знаходиться в фазовій динамічній рівновазі з надлишком розчиненої речовини.

У такому розчині в одиницю часу кристалізується стільки ж речовини, скільки її розчиняється, тобто швидкість розчинення дорівнює швидкості кристалізації. Тому концентрація насиченого розчину для даної речовини у даній температурі постійна.

Ненасичений — це розчин, концентрація якого менше концентрації розчину, насиченого у даній температурі. У такому розчині можливо додаткове розчинення якоїсь кількості речовини

Пересичений — це розчин, концентрація якого більше концентрації насиченого розчину у даній температурі.

Пересичені розчини можна одержувати шляхом обережного охолодження насичених розчинів, концентрація яких близька до насичення. Вони нестійкі, так як метастабільні. Сильне струшування або внесення «запау» (кристала розчиненої речовини) викликає кристалізацію. За цього пересичений розчин переходить у насичений і випадає осад.

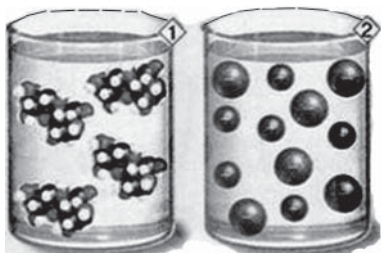


Рис. 2.19. Схематичне зображення розчинів цукру (1) та солі (2)

2.6. Властивості твердих тіл

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (РГ). Розказати про кристалічні та аморфні тіла.
- 2 (ПВЗ). Розказати про кристалізацію та кристалічну ґратку.
- 3 (ПВЗ). Пояснити як відбувається переохолодження.
- 4 (ПВЗ). Розказати про затвердіння розчинів.
- 5 (ПВЗ). У чому фізичний зміст зміни твердого тіла?

План:

- 2.6.1. Зміна густини речовини в процесі плавлення.
- 2.6.2. Полімери і сплави.
- 2.6.3. Охолоджувані суміші.

Навчально-методичні завдання:

- 1 (УЗЗ). Скласти методичні рекомендації для учнів розв'язувати фізичні задачі на властивості твердих тіл.
- 2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики:
 - а) Аморфні тіла;
 - б) Теплота плавлення твердих тіл;
 - в) Розв'язування фізичних задач підвищеної складності.
- 3 (УЗЗ). На основі загальних відомостей з шкільного курсу фізики, розказати про різницю між сплавами і полімерами (*рис. 2.20*).
- 4 (УЗЗ). Розказати, які основні показники рідини низького замерзання.
- 5 (УЗЗ). На основі *рисунка 2.21* розказати про автомобільну систему охолодження.
- 6 (УЗЗ). Розказати про титанові, мідні, олов'яні сплави.
- 7 (ПВЗ). Які особливості молекулярної будови газів, рідин і твердих тіл? Пояснити.
- 8 (ПВЗ). Пояснити, яку роль виконує охолоджувальна рідина у двигуні?
- 9 (УЗЗ). Скільки енергії потрібно затратити, щоб розплавити лід масою 2 кг за температури 0°C?
- 10 (ПВЗ). Який фізичний зміст питомої теплоти плавлення?

2.6.1. Зміна густини речовини в процесі плавлення

Частка від ділення маси речовини на його об'єм називається густиною речовини. Це — визначення щільності. Густина речовини це значення дробу. Тому числове значення густини речовини показує масу одиниці об'єму цієї речовини.

Наприклад, густина чавуну 7 кг/дм^3 . Це значить, що 1 дм^3 чавуну має масу 7 кг . Густина прісної води — 1 кг/л . Отже, маса 1 л води дорівнює 1 кг .

Тіла виготовлені з різних речовин, у однакових об'ємах, мають різні маси.

Густина речовини залежить як від маси складових його молекул, так і від об'єму.

За густиною метали умовно поділяють на легкі (густина яких до 5 г/см^3) і важкі (густина яких понад 5 г/см^3).

До найлегших металів належать літій, калій і натрій. Легкі метали — манган, алюміній і титан. Найважчими вважаються ртуть, золото, платина і осмій.

Перехід речовини із кристалічного стану в рідкий називають плавленням. Визначають три властивості плавлення речовини:

- існує така температура, вище від якої речовина у твердому стані не може перебувати;
- температура під час плавлення залишається постійною;
- процес плавлення вимагає припливу енергії до речовини, яка плавиться.

За температурами плавлення метали теж різко відрізняються один від одного. Найнижчу температуру плавлення має ртуть (39°C), а найвищу — вольфрам (3410°C).

Виконайте завдання на рівень повного володіння знаннями:

1. У яких агрегатних станах може перебувати та сама речовина?

2. Які умови плавлення твердих тіл? Назвати всі тепло-ві процеси, які відбуваються у плавленні металу в плавильній печі.

2.6.2. Полімери і сплави

Полімери — це своєрідні хімічні сполуки з високої молекулярною масою (від декількох тисяч до багатьох мільйонів), молекули яких (макромолекули) складаються з великого числа повторюваних угруповань (мономерних ланок). Атоми, що входять до складу макромолекул, з'єднані один з одним силами головних і (чи) координаційних валентностей. Термін “полімерія” був уведений до науки І. Берцеліусом у 1833 р. для позначення особливого виду ізомерії, у якій речовини (полімери), що мають однаковий склад, володіють різною молекулярною масою, наприклад етилен і бутілен, кисень і озон. Такий зміст терміна не відповідало сучасним представленням про полімери. “Щирі” синтетичні полімери на той час ще не були відомі. Ряд полімерів був, очевидно, отриманий ще в першій половині 19 століття.

Особливі механічні властивості полімерів: еластичність — здатність до високих оборотних деформацій у відносно невеликому навантаженні (каучук); мала крихкість склоподібних і кристалічних полімерів (пластмаси, органічне скло); здатність макромолекул до орієнтації під дією спрямованого механічного поля (використовується у виготовленні волокон і плівок).

Особливості розчинів полімерів: висока в'язкість розчину у малій концентрації полімеру; розчинення полімеру відбувається через стадію набухання.

Особливі хімічні властивості полімерів: здатність різко змінювати свої фізико-механічні властивості під дією малих кількостей реагенту (вулканізація каучуку, дублення шкір і т.п.).

Особливі властивості полімерів пояснюються не тільки великою молекулярною масою, а й тим, що макромолекули мають ланцюгову будову і володіють гнучкістю.

Розглянемо сплави (рис. 2.20).

Наприклад, титанові сплави, сплави на основі титану.

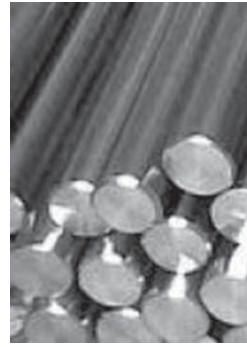
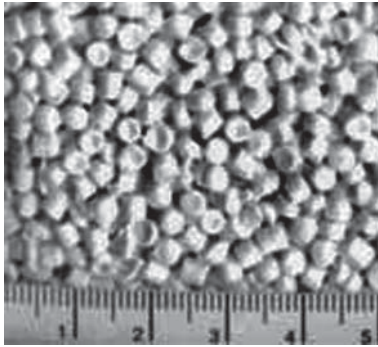


Рис. 2.20. Полімери і сплави (титанові)

Легкість, висока міцність в інтервалі температур від криогенних (-250°C) до помірно високих ($300-600^{\circ}\text{C}$) і відмінна корозійна стійкість забезпечують титанові сплави хороші перспективи вживання як конструкційні матеріали в багатьох областях, зокрема в авіації і інших галузях транспортного машинобудування.

У стадії промислової розробки знаходяться високолеговані сплави Ti-Ni, що є по складу практично чиста хімічна сполука нікелід титану. Сплави такого типу що отримали назву «нітїнол», володіють здатністю за певних умов відновлювати свою первинну форму після деякої пластичної деформації («ефект пам'яті»), що використовується, наприклад, в автоматичному реле протипожежних пристроїв.

2.6.3. Охолоджувані суміші

Охолодження. Ця операція використовується для прискорення кристалізації, збільшення виходу речовин з маточного розчину, розділення продуктів з різною розчинністю тощо. В екзотермічних реакціях виділення значної кількості тепла може призвести до перегріву реакційної суміші, а отже, стати причиною низького виходу кінцевого продукту. У цих випадках потрібне зниження температури. Кількість тепла, що відводиться, і необхідна температура визначають вибір охолоджувального засобу.

Найпростішим дешевим і теплоємним агентом служить вода. Реакційну посудину охолоджують під струменем проточної води або періодично занурюючи в холодну воду. Циркулююча холодна вода використовується для охолодження і конденсації парів у оболонці холодильників у

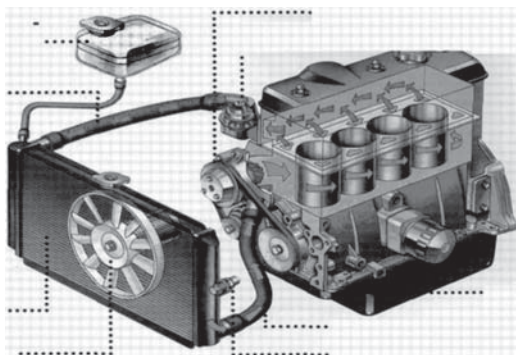


Рис. 2. 21. Автомобільна система охолодження

підвищенні температури парів понад 150°C не рекомендується застосовувати холодильники з водяним охолодженням, тому що внаслідок різкого перепаду температур можливе розтріскування скла.

Для зниження температури реакційного середовища до 0°C використо-

вується покритий лід. Суміш, що складається з льоду і невеликої кількості води, має ефективнішу охолоджувальну здатність, тому що досягається більший контакт зі стінками колби або пробірки.

Охолоджувальні рідини (антифризи) низького замерзання широко використовуються в системах охолодження двигунів (рис. 2.21). Для автотракторних двигунів, наприклад, застосовують етиленгліколеві антифризи. Етиленгліколь $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$ — двохатомний спирт (утримуючий дві гідроксильні групи), являє собою отрутну рідину без кольору та запаху, добре змішується з водою в будь-яких співвідношеннях, щільність у 20°C становить 1113 кг/м^3 , замерзає у мінус $11,5^{\circ}\text{C}$.

Система охолодження призначена для підтримання оптимального теплового режиму двигуна, регулювання відведення тепла від найбільш гарячих деталей, які нагріваються в результаті тертя або контакту з гарячими газами.

Найвигідніший тепловий стан двигуна в межах $85\text{--}95^{\circ}\text{C}$ підтримує система охолодження, яка відводить зайве тепло від деталей і передає її навколишньому повітрю.

Система охолодження двигуна підтримує певний, найвигідніший тепловий режим його роботи. Під час переохолодження збільшуються втрати на тертя, зменшується потужність двигуна, на холодних деталях конденсуються пари бензину і у вигляді крапель стікають по дзеркалу циліндра, змиваючи змащення. Деталі швидко спрацьовуються, потрібно частіше міняти масло.

Перегрівання двигуна погіршує кількісне наповнення циліндрів пальною сумішшю, викликає розрідження і ви-

горяння масла, внаслідок чого поршні в циліндрах можуть заклинитися і виплавитися вкладиші підшипників.

У сучасних автомобільних двигунах застосовується рідинне або повітряне охолодження. Для сучасних двигунів нормальним тепловим режимом вважається такий, у якому температура рідини дорівнюватиме 85-95°C.

В якості охолоджувальної рідини в системі охолодження двигуна використовується м'яка вода (дистильована, снігова, дощова) або низкозамерзаючі рідини — антифриз і Тосол, що складаються з 40 або 65% етиленгліколя й відповідно 60 або 35% дистильованої води з додаванням присадок, які зменшують спінювання та корозію. Як охолоджувальна рідина можуть застосовуватися й спиртово-гліцеринові або водно-спиртові суміші.

2.7. Властивості пари

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (РГ). Розказати про насичену пару.
- 2 (ПВЗ). Розказати про Закон Дальтона для пари.
- 3 (ПВЗ). Пояснити як відбувається кипіння.
- 4 (ПВЗ). Розказати про теплоту випаровування.
- 5 (ПВЗ). У чому фізичний зміст перетворення газів у рідини?

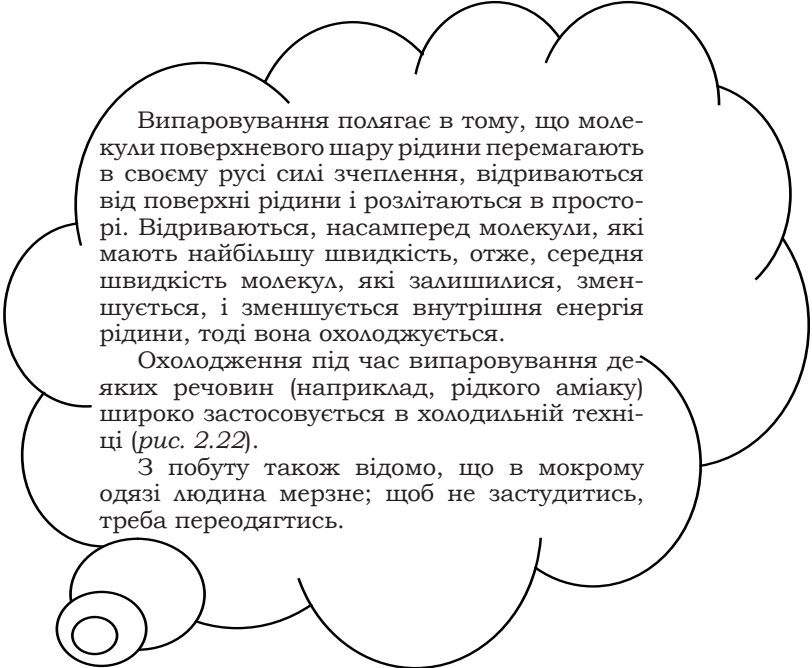
План:

- 2.7.1. Охолодження під час випаровування.
- 2.7.2. Випаровування на кривих поверхнях рідин.
- 2.7.3. Вакуумна техніка.

Навчально-методичні завдання:

- 1 (УЗЗ). Скласти методичні рекомендації для учнів розв'язувати фізичні задачі на властивості пари.
- 2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики:
 - а) Кипіння;
 - б) Перегрів рідини;
 - в) Згущування газів у техніці.
- 3 (УЗЗ). На основі загальних відомостей з шкільного курсу фізики, розказати про різницю між поняттями: перенаситість рідини; перенасиченість газів, насиченість газів.
- 4 (П). Розказати про критичну температуру.
- 5 (УЗЗ). На основі *рисунок 2.22* розказати як працює компресор для охолодження.
- 6 (ПВЗ). Розказати про взаємозв'язок води в природі.
- 7 (ПВЗ). Пояснити. Чому всі рідини без виключення випаровуються?
- 8 (ПВЗ). Пояснити, чому в гумовому одязі важко переносити жару?
- 9 (П). Статистика стверджує, що у вихідні дні поблизу виробничих центрів тумани слабкіші, ніж у робочі. Пояснити чому?
- 10 (УЗЗ). Чим відрізняються волосяний гігрометр та психрометр?

2.7.1. Охолодження під час випаровування



Випаровування полягає в тому, що молекули поверхневого шару рідини перемагають в своєму русі сили зчеплення, відриваються від поверхні рідини і розлітаються в просторі. Відриваються, насамперед молекули, які мають найбільшу швидкість, отже, середня швидкість молекул, які залишилися, зменшується, і зменшується внутрішня енергія рідини, тоді вона охолоджується.

Охолодження під час випаровування деяких речовин (наприклад, рідкого аміаку) широко застосовується в холодильній техніці (рис. 2.22).

З побуту також відомо, що в мокрому одязі людина мерзне; щоб не застудитись, треба переодягтись.

Розглянемо дослід «Охолодження рідини під час випаровування».

Обладнання: 1) хімічний стакан місткістю 100 см³; 2) хімічний стакан місткістю 200 см³; 3) термометр; 4) пробірка мала з пробкою; 5) гумова трубка довжиною 400-500 мм; 6) ефір сірчанний; 7) вода.

У хімічний стакан місткістю 100 см³ наливають 30-40 см³ сірчаного ефіру (який можна купити в аптеках) і вставляють його всередину більшого стакана місткістю 200 см³. Наливши в малу пробірку 2-3 см³ води, затикають її пробкою або ваткою і вставляють у посудину з ефіром.

Дослід виконують двоє осіб. Один з них визначає температуру ефіру і, не виймаючи термометра з ефіру, повідомляє, як змінюється його температура. Другий — вставляє в ефір кінчик гумової трубки і злегка продуває через ефір повітря, щоб прискорити його випаровування.

Температура ефіру швидко спадає від кімнатної до 0°C і трохи повільніше доходить до -10°C. Вода в пробірці замерзає. Наприкінці досліду через трубку стає важко проду-

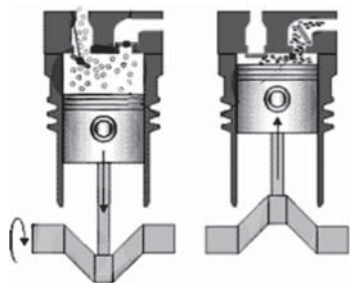


Рис. 2.22. Як працює компресор

вати повітря, бо її кінець забивається льодом; кінці термометра і пробірки також покриваються шаром інею. Це замерзає пара води, що видувається з рота разом з повітрям.

Коли температура буде трохи нижче нуля, треба підняти пробірку і злегка струснути в ній воду, щоб уникнути переохолодження.

Повітря через ефір можна продувати за допомогою гумової груші.

Якщо немає сірчаного ефіру, можна використати хлоретила (який продається в аптеках); він більш легкий, ніж ефір.

Якщо, наприклад, у трохи зігнутий на вогні кусочок скляної трубки налити кілька крапель води і, обгорнувши згин жмутком вати або клаптиком марлі, облити його хлоретиллом, то вода замерзне.

Розгляньте *рисунок 2.22* і поясніть явище охолодження.

2.7.2. Випаровування на кривих поверхнях рідин

У цьому випадку випаровування рідини утруднено. Це є однією з причин, чому дрова, навіть зовсім сухі, все ж містять значну кількість води (близько 12%), яка міститься в тонких каналах між волокнами дерева.

Розгляньте *рисунок 2.23*.

Якщо крапля *A* частково випарується, то її нова поверхня буде менше початкової. Якщо рідина частково випарується всередині краплі *A*, то поверхня нової краплі *B* більше початкової.

Наприклад, суха білизна, сухий папір і т.п., — теж містять деяку кількість вологи. Це спостереження показує нам,

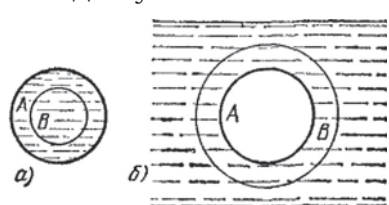


Рис. 2.23. Випаровування краплі

що швидкість випаровування за однієї і тієї ж температури залежить не тільки від роду рідини, а також і від форми її поверхні. Для опуклої поверхні випаровування відбувається інтенсивніше, ніж у плоскій, а для увігнутою, навпаки, менш інтенсивно.

Чим це пояснити? Звернемо увагу на те, що у випаровуванні з опуклою поверхні (крапля, *рис. 2.23, а*) площа її зменшується; навпаки, у випаровуванні з увігнутою поверхні (бульбашка всередині рідини, *рис. 2.23, б*) площа її зростає. Але у зміні поверхні міняється і число молекул, розташованих на ній, а ми знаємо, що молекули на поверхні володіють додатковою енергією в порівнянні з молекулами всередині рідини. Тому збільшення поверхні рідини пов'язано з витратою додаткової енергії. Ця додаткова енергія і повинна бути доставлена під час випаровування з увігнутою поверхні. Тому увігнутість поверхні ускладнює виліт молекул за її межі, тобто зменшує випаровування в порівнянні з плоскою поверхнею.

Навпаки, випаровування опуклою краплі зменшує поверхню рідини, а отже, і запас її поверхневої енергії. У результаті можуть випаруватися нові молекули. Таким чином, опуклість поверхні полегшує молекулам виліт за її межі, тобто посилює випаровування в порівнянні з плоскою поверхнею. Звідси випливає, що рівновага пари і рідини у випадках опуклою, плоскою й увігнутою поверхонь встановлюється за різними щільностями пари: найбільша щільність пари виходить у випадку опуклої поверхні, найменша — у разі увігнутою. Чим менше радіус поверхні, тим більше розходження.

Якщо для увігнутій поверхні пара вже є насиченою, то для плоскої і особливо для опуклої поверхні насичення може ще не бути досягнуто. Ось чому у сирій погоді насамперед відволожуються пористі матеріали, змочувані водою. Навпаки, маленькі краплі з дуже опуклою поверхнею випаровуються дуже легко. Якщо маленькі краплі знаходяться поблизу плоскої поверхні води або поблизу великих крапель, то вони випаровуються, а вийшовши, пара знову конденсується на великих краплях. Таким чином, великі краплі як би поглинають маленькі. Зростання великих крапель за рахунок маленьких легко спостерігати, якщо розглядати в мікроскоп (збільшення в 50-100 разів) злегка охолоджену скляну пластинку, яку змусили запотіти, дихнувши на неї.

2.7.3. Вакуумна техніка

Вакуумна техніка — сукупність методів і апаратури для отримання, підтримки і контролю вакууму (рис. 2.24).

Вакуум-насоси класифікують як за типом вакууму, так і за будовою.

Область тисків, з якою має справу вакуумна техніка, охоплює діапазон від 10^5 до 10^{-12} Па. Ступінь вакууму характеризується коефіцієнтом Кнудсена, величина якого визначається відношенням середньої довжини вільного пробігу молекул газу до лінійного ефективного розміру вакуумного елемента. Ефективними розмірами можуть бути відстань між стінками вакуумної камери, діаметр вакуумного трубопроводу, відстань між електродами приладу.



Рис. 2.24.
Централізовані вакуумні станції

Вакуум-насоси за призначенням поділяються на надвисоковакуумні, високовакуумні, середньовакуумні та низьковакуумні, а в залежності від принципу дії — на механічні та фізико-хімічні (рис. 2.24).

2.8. Фізика атмосфери

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (РГ). Розказати про атмосферу Землі.
- 2 (ПВЗ). Розказати про зміну кольору неба.
- 3 (УЗЗ). Пояснити як штучно розбивають природне хмароутворення.
- 4 (УЗЗ). Розказати про структуру повітря.
- 5 (ПВЗ). У чому фізичний зміст системи утворення опадів?

План:

- 2.8.1. Хмароутворення.
- 2.8.2. Штучні опади.
- 2.8.3. Передбачення погоди.

Навчально-методичні завдання:

- 1 (УЗЗ). Скласти методичні рекомендації для учнів розв'язувати фізичні задачі на атмосферні явища.
- 2 (П). Спроєктувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики:
 - а) Фізика атмосфери;
 - б) Досліди на підтвердження атмосфери;
 - в) Екологія повітря.
- 3 (УЗЗ). На основі загальних відомостей з шкільного курсу фізики, розказати про веселку та її форму.
- 4 (УЗЗ). Розказати про утворення дощу і зливи, снігопаду та хурделиці.
- 5 (УЗЗ). На основі *рисунок 2.25* розказати про природні та штучні опади.
- 6 (УЗЗ). Розказати про гідрометр центри, центри передбачення погоди (*рис. 2.26*).
- 7 (ПВЗ). Розказати як спостерігати за природними явищами.
- 8 (ПВЗ). Чому хмари мають різні форми і види з фізичної точки зору?
- 9 (П). Чому на Землі існують опади?
- 10 (УЗЗ). Розказати про рейн-форест, джунглі, засуху і про методи вирівнювання погодних умов за допомогою фізики природних явищ, техніки.

2.8.1. Хмароутворення

Хмари утворюються в результаті конденсації водяної пари в вільній атмосфері. Крім процесів перемішування, що призводять до насичення, конденсація водяної пари може відбутись і в адиабатичному підйомі з охолодженням і аж до точки роси. Такий підйом може відбуватись у наступних випадках: а) конвективний підйом, б) фронтальний підйом, в) орографічний підйом.

У відповідності з умовами їх утворення, існує генетична класифікація хмар Бержерона, у якій розрізняються основні генетичні типи: а) хмари висхідного ковзання (фронтальні), б) хмари нестійких повітряних мас (конвекції), в) хмари стійких мас.

Окремо можна виділити орографічні хмари, перламутрові (20-25 км) та сріблясті (70-80 км). З точки зору морфології фронтальні хмари можна називати переважно шаруватими, конвекції — купчастими, хмари стійких мас — хвилястими.

Проілюструємо інформацію про Міжнародну класифікацію хмар.

Роди (форми) хмар, форми хмар у тропосфері дуже різноманітні. Однак їх можна звести до відносно невеликого числа основних типів. Перша класифікація хмар була запропонована більш півтораста років тому. Наприкінці XIX ст. була прийнята міжнародна класифікація хмар. Ця класифікація являє собою поділ тропосферних хмар на роди, види, різновиди за додатковими ознаками з відповідними найменуваннями, прийнятими міжнародною угодою. Найменування хмар за міжнародною класифікацією — латинські; нерідко застосовуються відповідні українські еквіваленти.

За формою хмарних утворень виділяється 10 родів хмар, що взаємно виключають один одного. Це такі: пір'ясті; пір'ясто-купчасті; пір'ясто-шаруваті; високо-купчасті; високо-шаруваті; шарувато-купчасті; шаруваті; шарувато-дощові; купчасті; купчасто-дощові.

Види хмар. Велика частина родів підрозділяється на види за особливостями їхньої форми і внутрішньої структури. Види також взаємно виключаються. Кожна окрема хмара визначеного роду може бути віднесена тільки до одного виду. Видові назви, застосовані в якості доповнення до родової назви хмари, наступні: волокнисті; кігтевидні; щільні; баштовидні; пластівчасті; шаруватоподібні; тумановидні; сочевицевидні; розірвані; плоскі; середні; потужні; лисі; волохаті.

Розглянемо *різновиди хмар*. Можливо визначення різновиду хмар за особливостями макроскопічних елементів хмар, а також за ступенем їхньої прозорості. Різновиди взаємно не виключаються. Одна і та ж хмара може бути віднесена до двох або декількох різновидів або ні до жодної з них. Назви різновидів, що можуть приєднуватися до назви роду хмар, наступні: переплутані; хребтовидні; хвилясті; радіальні; діряві; подвійні; прозорі; роздільні; непрозорі.

Розглянемо утворення різних форм, видів і різновидів хмар. Процес утворення хмар того або іншого роду називається хмароутворенням. Хмара існує іноді дуже короткий час. Наприклад, час існування окремої купчастої хмари може обчислюватися 10-15 хвилинами. Але навіть коли хмара існує тривалий час, це не означає, що вона знаходиться в незмінному стані. У дійсності елементи хмари постійно випаровуються і виникають знову. Визначений процес хмароутворення є тривалим процесом. Хмара — це тільки видима в даний момент частина загальної маси води, яка втягується в цей процес. Це особливо помітно в утворенні хмар над горами. У безупинному перетіканні повітря через гору, воно адиабатично охолоджується у підйомі настільки, що на деякій висоті виникають хмари. Ці хмари здаються нерухомо прив'язаними до гребеня хребта. Але в дійсності вони переміщаються разом із повітрям і увесь час випаровуються в передній частині, де це повітря починає опускатися, і наново утворюються в тилевій частині з водяної пари, що надходить із повітрям, яке піднімається.

Завислість хмар також оманна. Якщо хмара не змінює своєї висоти, то це ще не означає, що складові її елементи не випадають. Краплі в хмарі можуть опускатися, але, досягаючи нижньої межі хмари, вони переходять у ненасичене повітря і тут випаровуються. У результаті буде здаватися, що хмара довгостроково знаходиться на одному рівні.

Щоб відбулися конденсація водяної пари й утворення хмар, необхідний деякий надлишок водяної пари понад насичення. Він може з'явитися або внаслідок збільшення вологості повітря, або внаслідок зниження його температури нижче точки роси, тобто нижче температури, за якої водяна пара, що міститься в повітрі, стає насиченою.

Вологість повітря збільшується внаслідок випаровування як із підстилаючої поверхні (під час зниження її температури), так і у підйомі повітря в результаті адиабатичного охолодження. У природі обидва чинники, звичайно, діють спільно.

Будь який процес, що веде до зниження температури або збільшення вологості повітря, є сприятливим для хмароутворення. Найбільш сприятливі умови для хмароутворення створюються тоді, коли повітря робить висхідний рух: уздовж фронтальної поверхні, у конвекції, хвилястих рухах, орografічному підйомі. Істотну роль у хмароутворенні грають і такі чинники, як турбулентний обмін і радіаційна втрата тепла.

2.8.2. Штучні опади

Штучні опади — опади, що випадають в результаті технічних заходів, що порушують стійкість хмар, тобто переводять їх із стану колоїдально-стійких до колоїдально-нестійких.

Існує велика кількість дослідних і практичних експериментів із створення штучних опадів.

Наприклад, під час таких експериментів над переохолодженою крапельною хмарою з літака розпорошують частинки вуглекислоти в твердій фазі («сухий лід»), що мають власну температуру близько -70°C . Завдяки цьому утворюється велика кількість кристалів криги, що слугують ядрами конденсації, на яких утворюються великі сніжинки. За літаком утворюється широка прогалина серед хмар. Штучні снігопади бувають досить сильними. Штучно осадити можливо лише вологу в хмарах, підсилити процес конденсації справа більш енергомістка.

Природний парадокс — це Колодязь Тора — частина мису Перпетуї, типовий тихоокеанський мис північного

заходу — лісову ділянку землі на центральному узбережжі штату Орегон, оточений водою з трьох сторін (рис. 2.25).



Рис. 2.25. Колодязь Тора

2.8.3. Передбачення погоди

Погоду можна передбачати за місцевими ознаками, синоптичним методом — на основі аналізу синоптичних карт погоди — і чисельними методами — через перед обчислювання з використанням комп'ютера. Існують ще й фізико-статистичні методи, відмітною особливістю яких є складання прогнозів погоди у так званій ймовірній формі. У кожного з перерахованих методів є свої переваги і недоліки, своя специфіка використання і свої можливості застосування на практиці для задоволення потреб споживачів прогностичної інформації.

У даний час складаються прогнози як загального користування, розраховані на всіх і поширювані засобами масової інформації, так і спеціальні — призначені для задоволення запитів окремих галузей народного господарства, що враховують специфіку діяльності людей тих чи інших професій (будівельників, моряків, авіаторів, хліборобів, тваринників і т.д.); вони поміщаються в спеціальних метеорологічних бюлетенях або передаються по відомчим каналах зв'язку.

Прогнози загального користування містять мінімум кількісної інформації про очікувані стани всього комплексу метеорологічних величин, які характеризують погоду. Спеціальні прогнози відрізняються більшою деталізацією і конкретністю характеристики стану окремих метеорологічних величин, що представляють найбільший інтерес для споживача.

Погода — це стан нижнього шару атмосфери в даний час і в даному місці. Поняття «погода» містить шість показників її стану: температуру і вологість повітря, хмарність, опади, атмосферний тиск і вітер.

Передбачення температури. Температура повітря характеризує тепловий стан атмосфери і вимірюється в градусах Цельсія ($^{\circ}\text{C}$) і Кельвіна (K). Температура повітря залежить від кута падіння сонячних променів. На температуру впливають прозорість атмосфери, хмарність, напрямок вітру, опади тощо. За даними спостережень розраховують середньодобову, середньомісячну, середньорічну температури. Різницю між максимальною і мінімальною температурами називають амплітудою температур. Річні амплітуди температур збільшуються від екватора до полюсів. На одній і тій самій широті амплітуда температур також може змінюватися. Наприклад, вона збільшується від узбережжя вглиб материка і є одним із показників континентальності клімату.

Передбачення опадів. Атмосферні опади — вода в рідкому і твердому станах, що випадає з хмар або з повітря на земну поверхню. До рідких опадів належать дощ, роса, мряка, до твердих — сніг, град, іній, приморозь, снігова крупа. Кількість опадів вимірюється в міліметрах за одиницю часу (місяць, рік). Атмосферний тиск — сила, з якою повітря давить на земну поверхню. Одиницями виміру атмосферного тиску є міліметри ртутного стовпчика (мм рт. ст.), мілібари (мб), а в системі СІ — паскалі (Па) і гектопаскалі (гПа). Нормальний тиск — середня величина тиску на рівні моря:

$$P_{\text{норм.}} = 760 \text{ мм рт. ст.} = 1013 \text{ мб} = 1013 \text{ гПа.}$$



Рис. 2.26. Передбачення погоди

2.9. Завдання для самоконтролю

- 1 (ПВЗ). Які параметри характеризують стан макроскопічних тіл?
- 2 (ПВЗ). Які ознаки стану теплової рівноваги ви знаєте?
- 3 (ПВЗ). Наведіть приклади теплової рівноваги тіл, що оточують вас у повсякденному житті.
- 4 (ПВЗ). Якою фізичною величиною характеризується стан теплової рівноваги?
- 5 (ПВЗ). Що таке температура і що вона характеризує?
- 6 (ПВЗ). Яка залежність об'єму рідин і газів від зміни температури?
- 7 (УЗЗ). Яка будова і дія рідинного та газового термометрів?
- 8 (ПВЗ). Як пов'язані об'єм, тиск і кількість молекул різних газів у стані теплової рівноваги?
- 9 (УЗЗ). Який фізичний зміст постійної Больцмана? Чому вона дорівнює?
- 10 (УЗЗ). Що називають абсолютним нулем температури? Який фізичний зміст цього поняття з погляду МКТ?
- 11 (ПВЗ). Чому дорівнює тиск ідеального газу на стінки посудини у абсолютному нулі температури?
- 12 (ПВЗ). Запишіть формулу, що показує, як залежить від температури середня кінетична енергія поступального руху молекул.
- 13 (УЗЗ). Запропонуйте прилад або його схему для визначення поверхневого натягу рідини.
- 14 (УЗЗ). Запишіть і поясніть формулу, що показує залежність тиску газу від його температури і концентрації молекул.
- 15 (ПВЗ). Напишіть значення температури і тиску газу за нормальних умов.
- 16 (УЗЗ). Виведіть формулу середньої квадратичної швидкості руху молекул газу.
- 17 (УЗЗ). Як зміниться середня квадратична швидкість руху молекул газу зі збільшенням температури в два рази?
- 18 (УЗЗ). Які молекули в атмосфері Землі рухаються швидше: молекули азоту чи молекули кисню?
- 19 (ПВЗ). Які властивості має поверхневий шар рідини?
- 20 (РГ). Що називають поверхневим натягом?
- 21 (УЗЗ). Виконавши пояснювальний рисунок, установіть фізичний зміст поверхневого натягу як величини, пов'язаної з енергією поверхневого шару рідини.
- 22 (ПВЗ). Наведіть приклади дії сил поверхневого натягу.

- 23 (УЗЗ). Що називають коефіцієнтом поверхневого натягу? Від чого він залежить? У яких одиницях виміряється коефіцієнт поверхневого натягу в СІ?
- 24 (УЗЗ). Що являє собою сила поверхневого натягу? Яка формула виражає зміст цього поняття?
- 25 (УЗЗ). Як зміниться сила поверхневого натягу води у разі розчинення в ній мила?
- 26 (УЗЗ). Якої форми набувають краплі рідини в умовах невагомості? Чому?
- 27 (УЗЗ). Виконавши пояснювальний рисунок, розкрийте фізичну сутність явищ змочування і незмочування.
- 28 (УЗЗ). Чому жирові плями на одязі не вдається змити водою?
- 29 (РГ). Що називають меніском?
- 30 (УЗЗ). Що таке крайовий кут? Яким є його значення у разі змочування? Незмочування?
- 31 (РГ). Що називають капілярністю?
- 32 (УЗЗ). Обґрунтуйте, у якому випадку рідина в капілярі піднімається, а в якому опускається.
- 33 (УЗЗ). Чому фундамент цегляних будинків покривають гарячим бітумом чи обкладають толем?
- 34 (УЗЗ). Виведіть формулу, за якою визначають висоту піднімання чи опускання рідини в капілярі.
- 35 (УЗЗ). Наведіть приклади врахування і використання капілярних систем у повсякденному житті.

Розділ 3

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ОСНОВАМ ЕЛЕКТРИКИ І МАГНЕТИЗМУ

3.1. Електричні заряди

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

1 (РГ). Розказати про явище електризації тіл. Навести приклади у навколишньому світі.

2 (ПВЗ). Розказати про демонстраційні досліди існування електричного заряду.

3 (ПВЗ). Пояснити, як наелектризувати тіло, як нейтралізувати наелектризоване тіло.

4 (ПВЗ). Розказати про походження блискавки, кульової блискавки.

5 (ПВЗ). У чому фізичний зміст закону збереження електричного заряду?

План:

3.1.1. Електризація через тертя.

3.1.2. Електризація через вплив.

3.1.3. Електризація під дією.

Навчально-методичні завдання:

1 (УЗЗ). Описати методичні рекомендації для учнів розв'язувати і складати фізичні задачі на електричні явища.

2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики:

а) Властивості електричних зарядів;

б) Досліди на підтвердження електричних взаємодій;

в) Альтернативні джерела електричної енергії.

3 (ПВЗ). На основі загальних відомостей з шкільного курсу фізики, розказати про теплоелектростанції та їх інноваційні впровадження.

4 (ПВЗ). Розказати про генератор Ван де Граафа і фігури Ліхтенберга (рис. 3.4).

5 (УЗЗ). Створити комп'ютерну презентацію на тематику про електричні заряди.

6 (ПВЗ). Розказати про запобігання і наслідки враження електричним струмом.

7 (УЗЗ). Сконструювати евристичну бесіду на тему електростатика і провести її.

8 (УЗЗ). Запропонувати спосіб електризації тіл. Сконструювати прилад, продемонструвати.

9 (УЗЗ). Чи можна наелектризувати тертям один одного два шматки поліетилену? Чому важко позбутися шматочків пакувального пінопласту з поверхні рук? Чому сітка з фольги зависає над наелектризованою паличкою?

10 (УЗЗ). Продовжити розповідь учителя: «На початку XVIII ст. англійський фізик Стівен Грей, проводячи експерименти з поширення електрики на відстань, з'ясовує, що речовини можна розділити на категорії, які ми сьогодні називаємо провідники та ізолятори (діелектрики). На поверхні ізоляторів у процесі електризації нагромаджуються носії електричного заряду але вони залишаються нерухомими. У провідниках носії електричного заряду нагромаджуються і переміщуються. Чіткого поділу речовин та тіл на провідники та ізолятори бути не може, оскільки за певних умов (наприклад, нагріванні) ізолятор може перетворитися на провідник і навпаки.

Характерними провідниками носіїв електричного заряду є метали та розчини солей, кислот, лугів. Людське тіло, яке містить розчини також можна віднести до провідників.

Проведіть наступне спостереження — наелектризуйте предмет та проведіть рукою поверхнею. Чи буде він після цього притягувати до себе легкі предмети? Дослід показує, що ні! Отже, людське тіло розподілило в собі носії заряду, вилучивши їх у зарядженого тіла.

Використання провідників та ізоляторів дозволяє дослідити властивості наелектризованих тіл. Найпростіший прилад носить назву електроскоп («той що бачить електрику»)...

11 (УЗЗ). Підготувати доповідь із презентацією про історію виникнення електрики для учнів старших класів і проголосити її (тривалість: 10 хвилин).

12 (П). Запропонувати цікаві способи електризації.

Обладнання: 1) шматок гумової трубки; 2) дрібні шматки паперу; 3) електрометр Брауна з порожнистою кулею; 4) два-три шматки стрічки від конденсатора постійної ємності; 5) підйомний столик.

3.1.1. Електризація через тертя

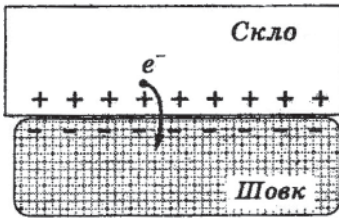


Рис. 3.1. Електризація через тертя

Розглянемо електризацію від дотику (тертя) різномірних тіл, наприклад, скла і шовку. Під час контакту різномірних речовин невелика частина електронів атомів однієї з речовин (тієї, де зв'язок електронів з атомом відносно слабкий) переходить у іншу речовину. Тіло з надлишком електронів заряджається негативно (шовк), з недостатком (скло) — позитивно (рис. 3.1).

3.1.2. Електризація через вплив

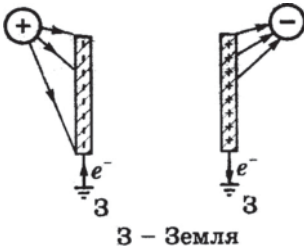


Рис. 3.2. Електризація через вплив

Провідник вноситься в електричне поле і на короткий час заземлюється (достатньо дотику руки). За цього залежно від напрямку лінії напруженості електричного поля або виштовхує із провідника в Землю, або притягує із Землі в провідник вільні електрони. Провідник виявляється зарядженим різномірною з тілом, яке утворює електричне поле (рис. 3.2).

3.1.3. Електризація під дією

Розглянемо електризацію провідників через дотик до наелектризованого тіла (рис. 3.3). У дотику провідника до негативно зарядженого тіла частина вільних електронів під впливом електричного поля переходить на провідник. Під час дотику до позитивно зарядженого тіла частина вільних електронів залишає провідник. За цього провідник електризується, а наелектризоване тіло частково розряджається.

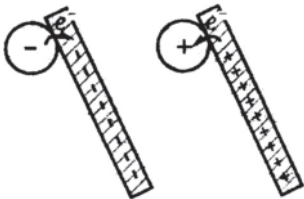


Рис. 3.3. Електризація під дією



Рис. 3.4. Генератор Ван де Граафа і Фігури Ліхтенберга

Електро-статичний генератор Ван де Граафа — прискорювач заряджених частинок, генератор високої напруги (рис. 3.4).

Для створення високої постійної напруги в генераторі Ван де Граафа використовуються електризація тертям. Таким методом можна досягнути напруги до кількох мегавольт. Значення напруги обмежене виникненням коронного розряду між сферичними електродами.

Зважаючи на невелике прискорення, електростатичний генератор дозволяє досліджувати тільки низькоенергетичні ядерні реакції. Однак, він знайшов широке прикладне використання у фізиці твердого тіла, як прилад, що дозволяє вивчати приповерхневі шари речовини, проводити іонну імплантацію тощо.

3.2. Електричне поле

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

1 (РГ). Розказати про електричні явища. Навести приклади у навколишньому світі.

2 (ПВЗ). Розказати про напругу і напруженість електричного поля.

3 (ПВЗ). Пояснити як графічно зображати електричні поля.

4 (ПВЗ). Розказати про Клітину Фарадея та про розподіл зарядів у провіднику.

5 (ПВЗ). Розказати про вимірювання потенціалів у повітрі, про електричний зонд.

План:

3.2.1. Електричне поле Землі.

3.2.2. Поляризація діелектрика.

3.2.3. Енергія заряджених тіл.

Навчально-методичні завдання:

1 (УЗЗ). Описати методичні рекомендації для учнів розв'язувати і складати фізичні задачі на роботу з переміщення заряду в електричному полі.

2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики:

а) Будова і застосування електрометрів;

б) Дія електричного поля на навколишні тіла;

в) Конденсатори.

3 (УЗЗ). Провести дослід і довести дію зарядженого тіла на незаряджену стрілку.

4 (П). Довести, що напруженість електричного поля зменшується із збільшенням відстані.

5 (УЗЗ). Створити комп'ютерну презентацію на тематику про електричні поля.

6 (УЗЗ). Провести дослід на електризацію води та парафінової кульки, яку погрузили в неї.

7 (ПВЗ). Пояснити спосіб визначення знаку заряду електроскопу.

8 (ПВЗ). Як визначити напруженість двох точкових зарядів?

9 (ПВЗ). Накреслити рисунки для визначення силових ліній рівномірно зарядженої кульки.

10 (ПВЗ). Визначити, чому дорівнює напруженість поля всередині рівномірно зарядженої кульової поверхні.

11 (ПВЗ). Визначити, чому дорівнює напруженість поля в центрі рівномірно зарядженого дротяного кільця, який має форму кола.

12 (УЗЗ). Накреслити порівняльну таблицю електричного та гравітаційного полів.

13 (П). Пояснити з методичної точки зору: у чому зміст введення різниці потенціалів або електричної напруги?

14 (ПВЗ). Пояснити умови рівноваги зарядів у провідниках.

15 (ПВЗ). Пояснити різницю між електрометром і електроскопом.

16 (ПВЗ). У процесі піднесення до зарядженого електроскопу незарядженого шматка скла відхилення листочків зменшується. Пояснити це.

17 (ПВЗ). Що буде вимірювати електрометр, якщо його листочки з'єднати металевю проволокою з полум'ям від однієї свічки, а корпус (ізолюваний від Землі) так само, з полум'ям іншої свічки?

18 (ПВЗ). Пояснити, чому не вбиває струмом птаха, який сідає на один з дротів високої напруги.

19 (УЗЗ). Продовжити. «За багато століть до нової ери люди виявили, що янтар (бурштин), потертий об вовну (або хутро), притягає до себе легкі предмети.

Пізніше такі властивості виявили і у інших тіл, зокрема — у скла, потертого об шкіру (або шовк). Наелектризовані тертям шматочки бурштину і скла притягувались один до одного, але шматочки янтарю один від одного відштовхувались, шматочки скла теж. Підкреслюючи відмінність у наелектризованості бурштину й скла, бурштин умовно назвали негативно зарядженим, а скло — позитивно зарядженим (хоча можна було зробити і навпаки).

Електризація тіл під час тертя зумовлена не перетворенням механічної енергії в електричну, а збільшенням реальної контактної площі тіл. Електризація тіл часто шкідлива (притягання пилу пряжею і забруднення її; розриви пряжі внаслідок притягання до веретен). Однак існують і застосування електризації (наприклад, в електрокопіювальних установках — ксероксах)...».

3.2.1. Електричне поле Землі

Електричне поле Землі — електричне поле, що існує між поверхнею Землі та іоносферою (рис. 3.5). Напруженість найбільша біля поверхні Землі, де становить приблизно 130 В/м, і швидко спадає з висотою. На висоті 1 км вона становить приблизно 40 В/м, на висоті 50 км практично нульова. Напруженість електричного поля Землі не постійна. Вона коливається в залежності від часу доби, пори року, але бувають також нерегулярні коливання.

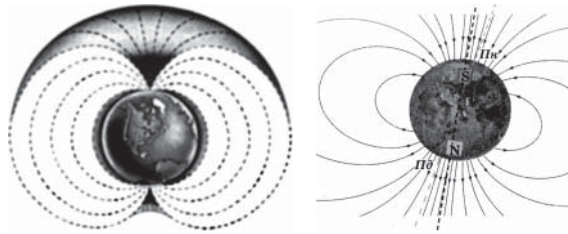


Рис. 3.5. Електричне поле Землі

Земля заряджена негативно. Заряд Землі приблизно дорівнює $6 \cdot 10^5$ Кл. Між поверхнею Землі та іоносферою протікає електричний струм з густиною приблизно 10^{-6} мкА/мІ. Цей струм намагається розрядити Землю. Обернений процес зарядки Землі зумовлений блискавками.

Загалом Землю можна собі уявити, як сферичний конденсатор, обкладки якого два провідні шари — світовий океан та іоносфера.

3.2.2. Поляризація діелектрика

Поляризація — це процес, що складається в обмеженому зсуві чи орієнтації зв'язаних зарядів у діелектрику під час впливу на нього зовнішнього електричного поля. Позитивні заряди зміщуються в напрямку вектора напруженості поля \vec{E} , у зворотному напрямку (рис. 3.6).

Поляризація приводить до утворення в обсязі діелектрика індукованого електричного моменту, рівного векторній сумі дипольних електричних моментів молекул діелектрика.

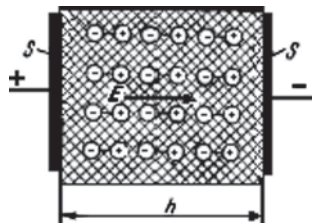


Рис. 3.6. Розташування зарядів у поляризованому діелектрику плоского конденсатора: S — площина обкладки (електрода); h — відстань між обгортками (товщина шару діелектрика)

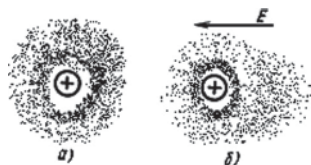


Рис. 3.7. Схематичне зображення електронної поляризації: а — неполярний атом за відсутності електричного поля; б — полярний атом за дії електричного поля

Основні види поляризації

1. Електронна поляризація являє собою зсув центра заряду електронної хмари щодо центра позитивно зарядженого ядра під дією зовнішнього електричного поля (рис. 3.7), зміщенню протидіє кулонівське притягання електронів до ядра. Час встановлення електронної поляризації дуже малий (біля 10-15 с), тому вона практично не залежить від частоти електромагнітного поля, не зв'язана з втратою енергії і не залежить від темпера-

тури. Електронна поляризація спостерігається в усіх видах діелектриків.

2. Іонна поляризація виникає внаслідок пружного зсуву зв'язаних іонів з положення рівноваги на відстань, менша постійних кристалічних ґрат (рис. 3.8). З підвищенням температури поляризація зростає, оскільки теплове розширення, видаляючи іони друг від друга, послабляє діючі між ними сили взаємодії. Час встановлення іонної поляризації біля 10-13 с. Вона, так само як і електронна, не зв'язана з втратами енергії і не залежить від частоти, аж до частот інфрачервоного діапазону.

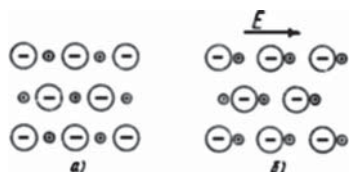


Рис. 3.8. Схематичне зображення іонної поляризації. Іонна кристалічна решітка: а — за відсутності електричного поля; б — за дії електричного поля

Іонна поляризація характерна для кристалічних діелектриків іонної структури з щільним упакуванням іонів.

3. Дипольно-релаксаційна поляризація полягає в повороті (орієнтації) дипольних молекул у напрямку зовнішнього електричного поля. Дипольні молекули, що знаходяться в хаотичному тепловому русі, орієнтуються в напрямку зовнішнього електричного поля, створюючи ефект поляризації діелектрика (рис. 3.9). За умови зняття поля, поляризація порушується хаотичним тепловим рухом молекул, а по-

ляризація P спадає за експонентним законом: $P(\tau) = P_0 e^{-\frac{\tau}{\tau_0}}$, де P_0 — поляризація у момент зняття напруги, τ_0 — постійна часу цього процесу, називаний часом релаксації дипольної поляризації.

Час релаксації — це проміжок часу, протягом якого поляризація діелектрика після зняття поля зменшується внаслідок теплового руху молекул у $e \gg 2,72$ рази від первісної.

Звичайно τ має порядок 10^{-6} - 10^{-10} с, отже, дипольна поляризація виявляється лише на частотах нижче 10^6 - 10^{10} Гц. Дипольно-релаксаційна поляризація зв'язана з втратою енергії, оскільки поворот диполів у напрямку поля вимагає подолання деякого опору й істотно залежить від температури.

4. Іонно-релаксаційна поляризація обумовлена зсувом слабо зв'язаних іонів під дією зовнішнього електричного поля на відстань, що перевищує постійну кристалічних ґрат. У цьому виді поляризації виникають втрати енергії і поляризація помітно підсилюється з підвищенням температури. Іонно-релаксаційна поляризація спостерігається в неорганічних кристалічних діелектриках іонної структури з нечітким упакуванням іонів.

5. Міграційна поляризація обумовлена наявністю в технічних діелектриках провідних і напівпровідних включень, шарів з різною провідністю і т.п. За умов внесення неоднорідних матеріалів в електричне поле, вільні електрони й іони, які проводяться і напівпровідникові включення, починають переміщатися в межах кожного включення, утворюючи поляризовані області. Процеси встановлення й зняття міграційної поляризації порівняно повільні і можуть продовжуватися секунди, хвилини і навіть години. Цей вид поляризації звичайно можливий лише на низьких частотах.

6. Мимовільна (спонтанна) поляризація, яка властива сегнетоелектрикам, електронно-релаксаційна поляризація й ін.

Класифікація діелектриків за видом поляризації

Розходження в механізмах поляризації дають можливість підрозділити всі діелектрики на кілька груп.

1. Неполарні діелектрики. До цієї групи відносять діелектрики, що не містять електричних диполів, здатних до переорієнтації в зовнішнім електричному полі. Неполарним діелектрикам властива в основному електронна поляриза-

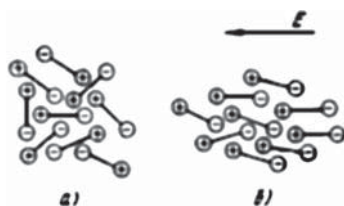


Рис. 3.9. Схематичне зображення дипольно-релаксаційної поляризації. Розташування дипольних молекул: а — за відсутності електричного поля; б — за дії електричного поля

ція. Вони застосовуються як високоякісні електроізоляційні матеріали в техніці високих і надвисоких частот. До них відносять полістирол, поліетилен, бензол, повітря й ін.

2. Полярні діелектрики. У цю групу входять діелектрики, що містять електричні диполі, що здатні до переорієнтації в зовнішнім електричному полі. У полярних діелектриках крім електронної спостерігають і дипольно-релаксаційну поляризацію. Вони мають трохи знижені електричні властивості в порівнянні з неполярними діелектриками і застосовуються як електроізоляційні матеріали в області низьких частот. До них можна віднести полівінілхлорид, епоксидні смоли, лавсан, органічне скло і ін.

3. Діелектрики з іонною структурою. У цю групу входять тверді неорганічні діелектрики з електронною, іонною і іонно-електронно-релаксаційною поляризаціями. Тут виділяють дві підгрупи матеріалів у залежності від величини втрат електричної енергії, що витрачається на поляризацію: а) діелектрики з електронним і іонним видами поляризації, за яких втрат електричної енергії практично немає. До них відносять кварц, слюду та ін.; б) діелектрики з електронним, іонним і релаксаційним видами поляризації, за умови існування яких, є істотні втрати електричної енергії. Наприклад, неорганічне скло, кераміка, мікалекс і ін.

4. Сегнетоелектрики. У цю групу входять матеріали, що володіють насамперед спонтанною поляризацією. До них можна віднести сегнетову сіль, титанат барію (BaTiO_3) і ін.

3.2.3. Енергія заряджених тіл

Електричне і магнітне поля мають енергію, яка накопичується в утворенні заряду електричною системою або в утворенні струму електромагнітною системою.

Під час заряджання конденсатора енергія накопичується у вигляді енергії електричного поля й може бути повернена джерелу в процесі перетворення на інший вид енергії.

Вираження енергії через характеристики конденсатора

Заряд конденсатора утворюється перенесенням заряджених частинок з однієї обкладки на іншу під дією зовнішнього джерела енергії. Робота, яка виконується під час перенесення одиниці заряду, чисельно дорівнює напрузі між обкладками.

Якби напруга в процесі зарядження не змінювалась, то енергію можна було б визначити добутком напруги і заряду. Проте в процесі накопичування заряду зростає й напруга, тому у визначенні енергії, витраченої на утворення заряду, враховується залежність між — напругою і зарядом.

Для того щоб зарядити конденсатор, потрібно виконати роботу, що витрачається на розділення додатніх і від'ємних зарядів. Згідно із законом збереження енергії, ця робота дорівнює енергії конденсатора. У тому, що заряджений конденсатор має енергію, можна впевнитися, якщо розрядити його через коло, що містить лампу розжарення, розраховану на напругу в кілька вольтів.

У процесі розрядження конденсатора лампа засвічується (рис. 3.10).

Енергія конденсатора перетворюється в інші форми: теплову, світлову.

Виведемо формулу для енергії плоского конденсатора. Напруженість поля, створеного зарядом однієї з пластин, дорівнює $E/2$, де E — напруженість поля в конденсаторі. В однорідному полі однієї пластини є заряд q , розподілений уздовж поверхні другої пластини. Згідно з формулою $W_p = qE/d$, для потенціальної енергії заряду в однорідному полі енергія конденсатора дорівнює: $W_p = qE/2d$, де d — відстань між пластинами конденсатора, q — заряд конденсатора.

Оскільки $E/d = U$, де U — різниця потенціалів між обкладками конденсатора, то його енергія дорівнює:

$$W_p = \frac{qU}{2}; W_p = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}.$$

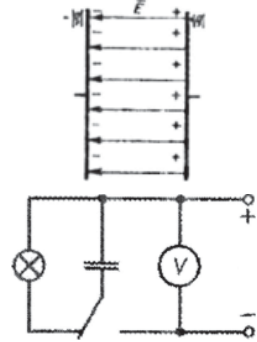


Рис. 3.10.

Обкладки конденсатора і електричне коло з конденсатором

3.3. Постійний електричний струм

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (РГ). Розказати про Закон Ома.
- 2 (ПВЗ). Розказати про будову і дію гальванометра.
- 3 (ПВЗ). Пояснити залежність опору від температури.
- 4 (ПВЗ). Розказати, яким повинен бути опір вольтметра і амперметра.
- 5 (ПВЗ). У чому фізичний зміст шунтування електричних приладів?

План:

- 3.3.1. Опір дроту.
- 3.3.2. Надпровідність.
- 3.3.3. Розподіл напруги в колі.

Навчально-методичні завдання:

- 1 (УЗЗ). Описати методичні рекомендації для учнів розв'язувати і складати фізичні задачі на постійний електричний струм.
- 2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики:
 - а) Закон Ома; б) Надпровідність; в) Напрямок струму.
- 3 (ПВЗ). На практиці величину заряду визначають не тільки в Кулонах, але і в «ампер-годинах». Скільки Кулонів в одній «ампер-годині»?
- 4 (ПВЗ). Чому дорівнює опір 1 м мідного дроту товщиною 0,15 мм?
- 5 (УЗЗ). Створити комп'ютерну презентацію на тему «Закон Джоуля-Ленца».
- 6 (ПВЗ). Розказати про видатних учених-фізиків, які вивчали електрику: Ом, Ленц, Ампер, Кулон та інші дослідники.
- 7 (ПВЗ). Сконструювати евристичну бесіду на тему «Послідовне та паралельне з'єднання провідників». Провести її в аудиторії.
- 8 (ПВЗ). Запропонувати спосіб виготовлення кишенькового ліхтарика. Сконструювати його, продемонструвати.
- 9 (ПВЗ). Чи можна використовувати замість вольтметра електрометр для визначення напруги? Пояснити міркування.

3.3.1. Опір дроту

Опір проводу показує те, наскільки він перешкоджає проходженню електричного струму. Розглянемо приклад, як вимірювати експериментальним способом опір дроту.

Вимірювати його за допомогою тестера, перемикання в режим роботи омметра. Якщо такої можливості немає, можна розрахувати його різними способами: тестер; лінійка або рулетка; калькулятор.

Етапи:

1. Виміряйте опір дроту. Для цього до його кінців приєднайте тестер, увімкнений у режим роботи омметра. На екрані приладу з'явиться електричний опір дроту в Омах або кратних їм величинах, у залежності від налаштувань приладу. Дріт за цих умов повинен бути відключений від джерела струму.

2. Розрахуйте опір за допомогою тестера, який працює в режимі амперметра і вольтметра. Якщо провід є ділянкою електричного кола, підключіть її до джерела струму. До кінців дроту паралельно приєднайте тестер, увімкнений у режим роботи вольтметра. Виміряйте падіння напруги на проводі в вольтах.

3. Переключіть тестер у режим роботи амперметра і увімкніть його в ланцюг послідовно. Отримайте значення сили струму в ланцюзі (в амперах). Використовуючи співвідношення, отримане із закону Ома, знайдіть електричний опір провідника.

Для цього поділіть значення напруги U на силу струму I : $R = U/I$.

4. *Приклад.* Вимірювання показало, що в процесі падіння напруги на провіднику 24 В, сила струму в ньому становила 1,2 А. Визначте його опір. Знайдіть відношення напруги до сили струму: $R = 20$ Ом.

5. Знайдіть опір дроту, не підключаючи його до джерела струму. Дізнайтесь, з якого матеріалу зроблений дріт. У спеціалізованій таблиці знайдіть питомий опір цього матеріалу.

6. Розрахуйте перетин дроту. Для цього очистіть його від ізоляції, якщо він ізольований, і виміряйте діаметр струмопровідної жили в мм. Визначте її радіус, поділивши діаметр на число 2. Визначте перетин дроту, помноживши число 3,14 на квадрат радіуса жили.

7. За допомогою лінійки виміряйте довжину дроту в метрах. Розрахуйте опір дроту, помноживши питомий опір

матеріалу на довжину провідника l , поділіть результат на перетин S . $R = \rho \cdot l/S$.

8. *Приклад.* Знайдіть опір мідного дроту діаметром 0,4 мм довжиною 100 м. Питомий опір міді $0,0175 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$. Радіус дроту дорівнює $0,4/2 = 0,2 \text{ мм}$. Перетин

$$S = 3,14 \cdot (0,2 \text{ мм})^2 = 0,1256 \text{ мм}^2.$$

Розрахуйте опір за формулою. $R = 14 \text{ Ом}$.

3.3.2. Надпровідність

Чимало міркувань приніс фізикам початок ХХ століття. Серед них результати дослідів за умов надглибокого холоду у температурах усього лише на кілька градусів вище абсолютного нуля.

Поняття абсолютний нуль увійшло у фізику в середині минулого століття. Випливаючи із газового закону, воно поступово поширилося на всі стани речовини, придбало фундаментальне значення для усієї фізики.

Абсолютному нулю відповідає температура $-273,15^\circ\text{C}$. Будь-яку речовину до меншої температури охолодити не можна. Іншими словами, за абсолютного нуля молекули речовини володіють найменшою можливою енергією, що уже не може бути віднята в тіла ні за якого охолодження. За кожної спроби охолодити речовину енергії в ньому залишається усе менше і менше, але всю її речовина ніколи не зможе віддати більш холодному тілу. З цієї причини вчені не досягли абсолютного нуля і не сподіваються зробити це, хоча уже можна досягти температур порядку мільйонних часток градуса.

Дослідження за температур, близьких до абсолютного нуля, здавна залучали до себе увагу вчених. Такі температури фізики називають криогенними (від грецького слова — холод).

За криогенних температур відбувається багато дивного. Ртуть замерзає так, що нею можна забивати цвяхи, гума розлітається на осколки від удару молотком, деякі метали стають тендітними як скло. Усе це цікаво, але суть одержання низьких температур набагато глибше. Поводження речовини поблизу абсолютного нуля найчастіше не має нічого загального з її поведженням при звичайних температурах. Здавалося б, разом з теплом із речовини іде й енергія, а застигла речовина вже не може представляти інтересу.

Ще сторіччя назад так і вважали: абсолютний нуль — це смерть матерії. Але фізики одержали можливість працювати у наднизьких температурах, і виявилось, що область

поблизу абсолютного нуля не така уже й мертва. Зовсім навпаки: тут починають виявлятися численні красиві ефекти, що за звичайних умов, як правило, замасковані тепловим рухом атомів. Саме тут починається той світ — дивний і часом парадоксальний, який називається надпровідністю. Надпровідність — здатність речовини пропускати електричний струм, не роблячи йому навіть найменшого опору. Відкриттям цього унікального явища, що не має аналога у класичній фізиці, ми зобов'язані голландському вченому Гейке Камерлінг-Оннесу.

Камерлінг-Оннес проклав «тропу». Нею уже більш як 94 роки йдуть багато учених світу, і ще на довго залишиться вона «оживленою магістраллю науки». Опір надпровідних металів зменшується зі зниженням температури до деякої скінченної величини (суцільна крива). Камерлінг-Оннес знайшов, що й інші метали, такі як олово, свинець, тантал і ніобій, теж виявляють таке ж різке зникнення опору поблизу абсолютного нуля.

З часів відкриття надпровідності обговорюються можливості технічного використання цього разючого явища. Незрозуміла провідність не давала спокою і фізикам, і інженерам. Хотілося якнайшвидше переконатися в тому, що вона може дати практичні плоди. Але пройшло майже піввіку, перш ніж надпровідність почала виходити зі стін лабораторій на дорогу практичного застосування. Цьому сприяли кілька обставин. Тут і розвиток техніки низьких температур, і поява теоретичних робіт, що пояснили природу надпровідного стану, і відкриття нових квантових ефектів, і, звичайно, створення надпровідних матеріалів з високими критичними параметрами. Успіхи експериментального і теоретичного досліджень дали реальну можливість приступити до робіт по освоєнню цього чудового фізичного явища. Надпровідність почала як би друге життя, але тепер уже не в якості зацікавленого лабораторного феномена, а як явище, відкриваюче перед наукою і технікою дуже серйозні перспективи. Найважливіша область техніки, де застосування надпровідників обіцяло зробити великі зміни, визначилася уже в перші роки після відкриття цього явища — це передача електричного струму і створення сильних магнітних полів.

Можна назвати сотні різноманітних фізичних, технічних і чисто інженерних задач, що поєднуються загальною вимогою: для їхнього здійснення потрібні сильні магнітні поля. Мова йде про енергетику, що створює нові генератори, і про водозапірні роботи по підйому затонулих судів, і про фізику,

зайняту проблемами термоядерного синтезу і прискоренням заряджених часток до надвисоких енергій... Усе це області, де вимагаються легкі, могутні й економічні магніти. Але ключі до проблеми створення потрібних магнітів учені довгий час не могли знайти. Здавалося б, що тут складного? Досить пустити сильний струм витками соленоїда, і він стане потужним магнітом. З тих пір як Ампер з'ясував, що соленоїд поводить себе так само, як і природний магніт, усі сучасні магніти виготовляються за цим принципом. У кожному з них є спіраль — обмотка, у якій проходить струм. Чим більша сила струму, тим сильніше магнітне поле.

Електромагніти теоретично не мають межі в своїй «силі» чи інтенсивності (індукції магнітного поля). Коли ж за допомогою струму створюють магнітне поле, мають місце два побічних ефекти, що і визначають складності одержання великих полів.

По-перше, на елемент проводу довжиною l і зі струмом I , що знаходиться в магнітному полі з індукцією B , діє сила $F = BIl \sin \beta$, де β — кут між вектором індукції B і напрямком струму. Отже, на провід зі струмом будуть діяти сили, пропорційні силі струму й індукції поля, створюваного соленоїдом. Ці сили збільшуються зі збільшенням поля і прагнуть розірвати соленоїд і, крім того, притискають крайні витки до середнього.

По-друге, під час протікання струму I провідником з опором R виділяється потужність $P = I^2 R$. Ця потужність пропорційна квадрату сили струму I^2 , і, отже, вона буде збільшуватися зі збільшенням індукції створюваного поля.

Виходить, якщо підсилити магнітне поле, наприклад, у 10 разів, то необхідно збільшити потужність у 100 разів. Розширення об'єму робочого простору також буде супроводжуватися збільшенням потужності, що виділяється. Звідси виходить, що для живлення одного потужного магніту потрібна ціла електростанція, а для охолодження — водокачка.

3.3.3. Розподіл напруги в колі

У замкненому електричному колі (рис. 3.11) діють дві ЕРС. Нехай $E_1 > E_2$. Тоді згідно із законом Ома:

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_{01} + R_{02} + R_2},$$

струм буде співпадати з напрямком E_1 .

Прийнемо потенціал точки a за нульовий і визначимо потенціали інших точок кола відносно нього.

$$\varepsilon_a = 0. \quad \varepsilon_b = \varepsilon_a - IR_{01}, \quad \varepsilon_c = \varepsilon_b + E_1.$$

$$\varepsilon_d = \varepsilon_c - IR_1, \quad \varepsilon_e = \varepsilon_d - E_2.$$

$$\varepsilon_a = \varepsilon_e - IR_{02}, \quad \varepsilon_a = \varepsilon_e - IR_2.$$

Розподіл потенціалів уздовж контуру зручно зображати потенціальною діаграмою (рис. 3.12). У вертикальній осі відкладаються потенціали точок, по горизонтальній — сума резисторів (опорів) у тому порядку, якому вони розміщені в контурі.

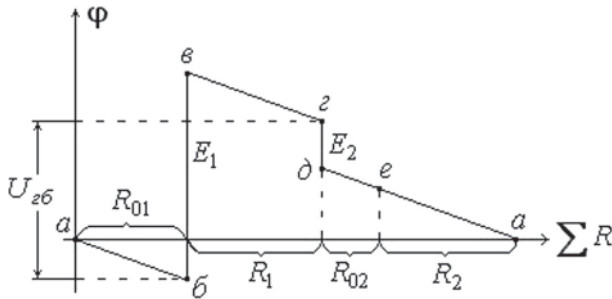


Рис. 3.12. Потенціальна діаграма

Із діаграми можна визначити: напрям і величину струму в резисторі (на діаграмі обхід контуру направлений за струмом (падіння напруги IR — від'ємне), кут нахилу відрізків потенціальної діаграми відносно осі ΦR — від'ємний. У протилежному напрямі струму кут буде додатним. Оскільки в даному контурі протікає один струм, то відрізки IR діаграми мають однаковий кут нахилу; (тангенс кута нахилу пропорційний струму в резисторі); напругу між будь-якими точками кола (на діаграмі показана напруга U_{zb} між точками z , b).

Розгляньте рис. 3.13 і поясніть принцип дії розподільника в автомобілі.

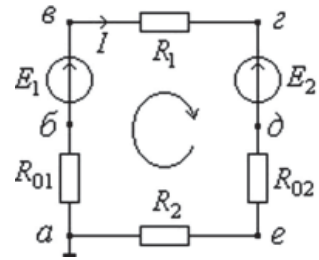


Рис. 3.11. Замкнене електричне коло

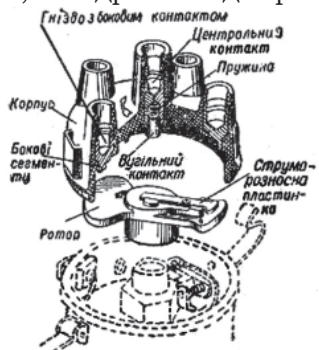


Рис. 3.13. Розподільник

3.4. Теплова дія струму

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (РГ). Розказати про Закон Джоуля-Ленца.
- 2 (РГ). Розказати про роботу електричного струму.
- 3 (ПВЗ). Пояснити явище короткого замикання.
- 4 (ПВЗ). Розказати про лампи розжарювання.
- 5 (ПВЗ). У чому фізичний зміст теплової дії струму?

План:

- 3.4.1. Контактне зварювання.
- 3.4.2. Розрахунок нагрівальних приладів.
- 3.4.3. Електрична проводка.

Навчально-методичні завдання:

1 (УЗЗ). Описати методичні рекомендації для учнів розв'язувати і складати фізичні задачі на теплову дію струму.

2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики: а) Закон Джоуля-Ленца; б) Потужність електричного струму.

3 (УЗЗ). За допомогою яких дослідів можна перевірити закон Джоуля-Ленца?

4 (ПВЗ). Яку кількість теплоти виділяє 25-ватна лампочка за кожну секунду?

5 (УЗЗ). Створити комп'ютерну презентацію на тему «Коротке замикання струму».

6 (ПВЗ). Розказати про видатних учених-фізиків, які вивчали теплову дію струму: Ленц, Джоуль, Лодигін, Едісон та інші дослідники.

7 (ПВЗ). Сконструювати евристичну бесіду на тему «Електричні нагрівальні прилади». Провести її в аудиторії.

8 (ПВЗ). Накреслити схему електричної проводки в аудиторії.

9 (ПВЗ). Розказати будову і призначення лампочки Лодигіна (рис. 3.14).

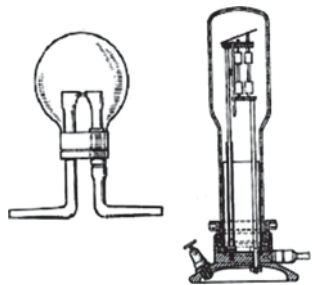


Рис. 3.14. Перші лампи розжарювання

3.4.1. Контактне зварювання

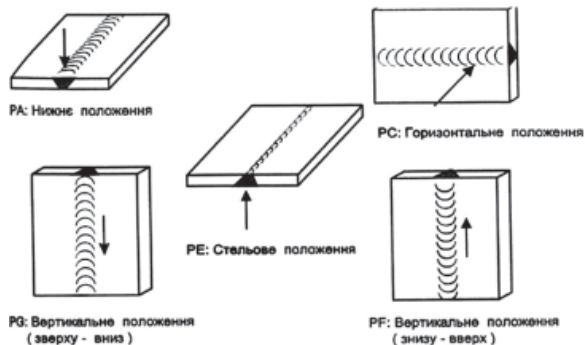
Контактне зварювання відноситься до видів зварювання з короткотривалим нагріванням у місцях з'єднання (без оплавлення або з оплавленням) і осадкою розігрітих заготовок. Характерна особливість цих процесів — пластична деформація, яка формує зварне з'єднання. Місце з'єднання розігрівається електричним струмом, причому, максимальна кількість теплоти виділяється в місці зварювального контакту.

На поверхні зварюваного металу є плівки оксидів і забруднення з малою електропровідністю, які також збільшують електроопір контакту. У результаті, у точках контакту метал нагрівається до термопластичного стану або до оплавлення.

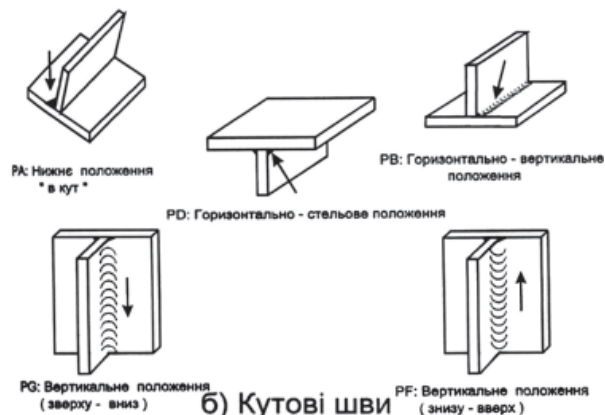
У безперервному здавлюванні нагрітих заготовок утворюються нові точки дотику, поки не відбудеться повне

зближення до міжатомних відстаней, тобто сварка поверхонь.

Контактне зварювання класифікують за типом зварного з'єднання, що визначає вид зварювальної машини, і за родом струму, що живить зварювальний трансформатор. За типом зварного з'єднання розрізняють: зварювання стикове (дугове), точкове, шовне (заклепка) (рис. 3.15).



а) Стикові шви



б) Кутові шви

Рис. 3.15. Типи зварного з'єднання

3.4.2. Розрахунок нагрівальних приладів

Нагрівальні прилади — це елементи опалювальної системи, призначені для передачі тепла від теплоносія до приміщення.

Класифікують: за конструкцією (секційні, панельні, конвекційні з розвиненим оребренням); за способом передачі тепла — конвекційні (понад 75% теплового потоку конвекцією), радіаційні (не менш ніж 50% теплового потоку радіацією), конвекційно-радіаційні (конвекцією від 50 до 75 % теплового потоку); за теплоінерційністю — високо інерційні (низька теплопровідність, значні водо- і металоємність), малоінерційні — (висока теплопровідність, не значні водо- і металоємність); за матеріалом виготовлення — металеві (чавунні, сталеві, алюмінієві, мідні), біметалеві (сталєво-алюмінієві, мідно-алюмінієві, обміднені), не металеві (керамічні, бетонні); за зовнішньою поверхнею — гладкі (радіатори, панелі), оребрені (конвектори, оребрені труби); за розмірами (висотою та будівельною глибиною).

Основною характеристикою нагрівального приладу є його теплова потужність, яка вимірюється в κWt . Це кількість тепла, яку віддасть нагрівальний прилад у приміщення за певний проміжок часу. Щоб зберегти постійну і комфортну температуру в приміщенні, сумарні тепlopоступлення від всіх нагрівальних приладів повинні бути рівними тепловтратам. Потужність нагрівального приладу вказується в його паспорті в певних характеристиках теплоносія і температури повітря в приміщенні.

Наприклад, потужність вказана у 90/70/20 означає, що 90 — це температура ($^{\circ}C$) теплоносія на вході в нагрівальний прилад, 70 — температура теплоносія на виході з приладу, 20 — температура повітря в приміщенні. Якщо планується інший тепловий режим, чи низькотемпературне опалення проводять перерахунок потужності всіх нагрівальних приладів, відповідно до нового температурного режиму. Потрібно знати, що у низькій температурі теплоносія потужність нагрівального приладу значно падає.

3.4.3. Електрична проводка

Внутрішня електропроводка за виконанням підрозділяється на відкриту і приховану (рис. 3.16). Приховану проводку прокладають усередині стін, під підлогою, під шаром штукатурки, у каналах будівельних конструкцій. У дерев'яних стінах обштукатурюють під дріт підкладають

шар листового азбесту або роблять на стіні намет штукатурки товщиною не менше 5 мм. В облицюванні дерев'яних стін сухою гіпсовою штукатуркою, фанерою, плитами і т.п., дрiт iзолюють шарами листового азбесту з двох сторiн.

Перед монтажем електропроводки визначають мiсця встановлення групового щитка, вимикачiв, розеток, свiтильникiв, стацiонарних електроприладiв, провести розмiтку проводiв, мiсць iх поворотiв, проходiв через стiни. Для вiдкритої проводки намiчаються мiсця крiплення проводiв.

У житлових будинках висота установки розеток приймається з урахуванням призначення примiщення i зручностi пiдключення електроприладiв (зазвичай 50-80 см вiд пiдлоги). Вимикачi стельових свiтильникiв встановлюють на висотi 1,5 м. У вхiдних дверей вимикачi ставлять так, щоб вiдкритi дверi iх не закривали.

У провiдниках, що забезпечують захисне заземлення або занулення, не повинно бути запобiжникiв i вимикачiв. Стельовi свiтильники пiдвiщують на металевих крюках, укрiплених у перекриттях, i iзолюють вiд гакiв пластмасовою трубкою. Легку освiтлювальну арматуру допускається пiдвiщувати на живильних проводках тiльки тодi, коли проводка виготовлена для цих цiлей. Однак у всiх випадках: мiсця контактних з'єднань в патронi i сполучної проводки на стелi дроти не повиннi нести навантажень.

Щоб за змiни перегорiлої лампи або пiд час ремонту патрона робота велася не пiд напругою, вимикач повинен з'єднуватися з фазовим проводом. Для визначення приналежностi гнiзд розеток, клем вимикачiв i патронiв свiтильникiв фазовому проводу лiнii або її нейтралi користуються iндикатором напруги з неоновою лампочкою, яку випускають у виглядi викрутки. Якщо при торканнi iндикатора до клем неонові лампочка свiтиться, це означає, що дана клемі приєднана до фазового проводу. Якщо у замкненому вимикачi свiтильник горить, а iндикатор не свiтиться, то вимикач пiдключений до нейтралi (тобто неправильно). Пiд час влаштування електропроводки, вибiр перерiзу жили дроту визначається максимальною силою струму, що протiкає у нiй, i механiчними навантаженнями на провiд.



Рис. 3.16. Електрична проводка в домі

3.5. Дія струму в різних середовищах

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

1 (ПВЗ). Розказати про перший Закон Фарадея (закон електролізу).

2 (ПВЗ). Розказати про другий закон Фарадея (закон електрохімічного еквіваленту речовини).

3 (ПВЗ). Пояснити явище іонної провідності електролітів.

4 (ПВЗ). Розказати про виникнення електричного струму через метали.

5 (ПВЗ). Розказати про виникнення електричного струму через гази.

План:

3.5.1. Первинні та вторинні процеси в електролізі.

3.5.2. Випромінювання електронів нагрітими тілами.

3.5.3. Застосування коронного розряду.

3.5.4. Напівпровідникові фотоелементи.

Навчально-методичні завдання:

1 (УЗЗ). Описати методичні рекомендації для учнів розв'язувати і складати фізичні задачі на виникнення струму в різних середовищах.

2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики: а) Закон електролізу; б) Самостійні та несамотійні розряди в газах.

3 (УЗЗ). Розказати про блискавковідвід.

4 (ПВЗ). Розказати про електронні лампи (радіолампи).

5 (УЗЗ). Створити комп'ютерну презентацію на тему «Електронна провідність металів. Будова металів».

6 (ПВЗ). Розказати про видатних учених-фізиків, які вивчали теплову дію струму: Фарадей, Гейгер, Мюллер, Яблочков, інші дослідники.

7 (ПВЗ). Сконструювати евристичну бесіду на тему «Застосування коронного розряду». Провести її в аудиторії.

8 (ПВЗ). Що відбувається в процесі тліючого розряду?

9 (ПВЗ). Розказати про напівпровідникові фотоелементи.

10 (УЗЗ). Продовжити. «У серпні 2009 р. учені університету Нового Південного Уельсу досягли рекордної ефективності сонячних батарей — 43% (сонячної енергії перетворюється на електричну). Однак, новий рекорд було встановлено в лабораторних умовах. Так, світло перед попаданням на батареї було сфокусовано спеціальними лінзами...».

3.5.1. Первинні та вторинні процеси в електролізі

I: маса m речовини, яка виділилась на електроді під час проходження електричного струму, прямо-пропорційна значенню q електричного заряду, пропущеного через електроліт.

II: електрохімічні еквіваленти елементів прямо-пропорційні їх хімічним еквівалентам. $K = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n}$, де A — атомна маса речовини, n — заряд її іона, F — число Фарадея. Частка A/n називається хімічним еквівалентом.

Електрохімічні процеси широко застосовуються в різних галузях сучасної техніки, в аналітичній хімії, біохімії і т.д. У хімічній промисловості електролізом одержують хлор і фтор, луги, хлорат і перхлорат, надсірчану кислоту і персульфати, хімічно чисті водень і кисень і т. д. Так одні речовини одержують через відновлення на катоді, інші — електроокисненням на аноді. Електроліз у гідрометалургії є однією з стадій переробки металовмісткої сировини, що забезпечує отримання товарних металів.

У кольоровій металургії електроліз використовується для добування металів з руд та їх очищення. Електролізом з розплавлених середовищ отримують алюміній, магній, титан, цирконій, уран, берилій і ін. Для рафінування (очищення) металу електролізом із нього відливають пластини і поміщають їх як аноди в електролізер (рис. 3.17). В процесі пропускання струму, метал, що підлягає очищенню, піддається анодному розчиненню, тобто переходить у розчин у вигляді катіонів. Потім ці катіони металу розряджаються на катоді, завдяки чому утворюється компактний осад вже чистого металу. Домішки, що знаходяться в аноді, або залишаються нерозчинними, або переходять в електроліт і видаляються.



Рис. 3.17. Установки нагрівання опором

Гальванотехніка — область прикладної електрохімії, що займається процесами нанесення металевих покриттів на поверхню як металевих, так і неметалевих виробів у проходженні постійного електричного струму через розчини їх солей.

Гальванотехніка ділиться на гальваностегію і гальванопластику.

3.5.2. Випромінювання електронів нагрітими тілами

Процес випромінювання електронів поверхнею речовини у вакуум називається електронною емісією. Явище емісії використовується у всіх електронних лампах. Розрізняють термоелектронну, електростатичну, вторинно-електронну, фотоелектронну та інші види емісії.

Явище випромінювання у вакуум електронів нагрітим тілом називають термоелектронною емісією.

У напівпровідниках за температури, близькій до абсолютного нуля, електрони в зоні провідності відсутні. Нагрівання тіла зумовлює за таких умов закидання електронів у зону провідності з донорних рівнів і з валентної зони. У процесі взаємодії з фотонами електрони термалізуються, спектр їх стає максвеллівським.

3.5.3. Застосування коронного розряду

Коронні розряди нерідко виникають у природних умовах, як результат дії атмосферної електрики. Явище виникнення корон на верхів'ях дерев, корабельних щоглах тощо, отримало назву вогнів святого Ельма. Коронні розряди утворюються також навколо високовольтних ліній. Іонізуючи повітря навколо провідників, вони приводять до втрат електроенергії.

Коронний розряд використовується в фільтрах, які служать для очистки промислових газів від частинок пилу й диму.

Поблизу провідника з великою кривизною поверхні (наприклад, вістря) спостерігається високовольтний електричний розряд. Тиск за цього досить високий, а поле поблизу провідника — неоднорідне. Коли напруженість поля

поблизу вістря сягає 30 кВ/см, то навколо нього виникає свічення у вигляді корони, що й дало назву розрядові — коронний.

Корона може бути позитивною та негативною. Це залежить від знака електрода, на якому виникає розряд (коронізуючого електрода). Знак корони визначає спосіб утворення електронів, що викликають іонізацію молекул газу. Так, у випадку негативної корони електрони вибиваються з катода під дією позитивних іонів. Якщо корона позитивна, то газ іонізується аніонами, а сама іонізація відбувається поблизу анода.

Напруженість поля у коронному розряді досить висока (близько $3 \cdot 10^6$ В/м), тому іонізація відбувається за атмосферного тиску. З віддаленням від поверхні провідника напруженість швидко зменшується. Тому іонізація, і пов'язане з нею свічення газу, спостерігається в обмеженій ділянці простору.

Під час грози, хмари, заряджені певним чином, здатні індукувати під собою електричні заряди протилежного знака. Дуже великий заряд накопичується біля поверхонь високого ступеня кривизни, особливо на вістрях. Тому перед грозою, під час неї, на гострих вершинах для високо піднятих предметів — можна спостерігати конуси світла, схожі на пензлики. У давнину це явище одержало назву вогнів святого Ельма. Часто свідками цього явища стають альпіністи, коли навіть неметалічні предмети й кінчики волосся на голові прикрашаються маленькими пензликами.

Коронний розряд, що виникає навколо дротів високовольтних ліній, може призводити до виникнення струмів витоку. Щоб цього уникнути, дроти високовольтних ліній роблять дуже товстими. Крім того, переривчастий коронний розряд може викликати радіоперешкоди.

Коронний розряд широко використовується у очищенні промислових газів від домішок. Агрегати, що використовуються для цього, називаються електрофільтрами. Принцип їхньої дії такий. Рухаючись вгору в циліндрі, уздовж осі якого розташовується коронуючий дріт, домішки газу, що очищається, збільшуються. На них осідають іони зовнішньої частини корони, які притягають частинки домішок до зовнішнього некоронуючого електрода. У результаті цього домішки осаджуються, а газ очищається.

3.5.4. Напівпровідникові фотоелементи

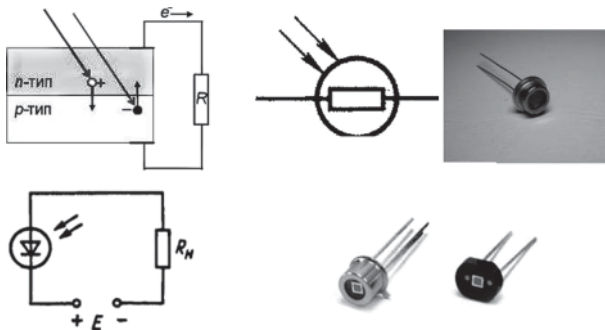


Рис. 3.18. Напівпровідникові фотоелементи

Так називаються прилади, в яких світло, діючи на р-n перехід заперітого шару, зумовлює виникнення електрорушійної сили порядку кількох десятих вольтів.

Напівпровідникові фотоелементи не потребують джерела напруги, вони самі безпосередньо перетворюють світлову енергію в електричну (рис. 3.18).

Принцип роботи сучасних фотоелементів базується на напівпровідниковому р-n переході. У процесі поглинання фотона в області, яка прилягає до р-n переходу, створюється пара носіїв заряду: електрон і дірка. Одна із цих часток є неосновним зарядом і з великою ймовірністю проникає крізь перехід. У результаті створені завдяки поглинанню енергії фотона заряди розділяються в просторі й не можуть рекомбінувати. Як наслідок, порушується рівновага густини зарядів. У приєднанні елемента до зовнішнього навантаження у колі протікає струм.

Найбільш ефективними, з енергетичної точки зору, пристроями для перетворення сонячної енергії в електричну є напівпровідникові фотоелектричні перетворювачі. Оскільки це прямий, одноступінчатий перехід енергії. ККД вироблених у промислових масштабах фотоелементів в середньому становить 16%, у кращих зразків до 25%.

На сонячних електростанціях можна використовувати різні типи фотоелектричних перетворювачів, однак не всі вони задовольняють комплексу вимог до цих систем:

- висока надійність за тривалого використання (до 25-30 років, ресурс роботи);
- висока доступність сировини і можливість організації масового виробництва;
- прийнятні з точки зору термінів окупності витрат на створення системи перетворення;
- мінімальні витрати енергії і маси, пов'язані з управлінням системою перетворення і передачі енергії (космос), включаючи орієнтацію і стабілізацію станції в цілому;

- зручність техобслуговування.

Деякі перспективні матеріали важко отримати в необхідних для створення сонячних електростанцій, через обмеженість природних запасів вихідної сировини або складності його переробки.

Виготовлення фотоелементів та збирання сонячних батарей на автоматизованих лініях забезпечить багаторазове зниження собівартості батарей.

Найбільш ймовірними матеріалами для фотоелементів сонячних електростанцій вважаються кремній (Cu (In, Ga) Se_2) і арсенід галію (GaAs), причому в останньому випадку мова йде про гетерофотоперетворювачів зі структурою AlGaAs-GaAs (рис. 3.19).



Рис. 3.19. Енергія Сонця

3.6. Основні магнітні явища

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (РГ). Розказати про природні і штучні магніти.
- 2 (ПВЗ). Продемонструвати явище намагнічування залізних предметів.
- 3 (ПВЗ). Пояснити, чому остаточне намагнічування тіла залежить не тільки від матеріалу, але й від форми.
- 4 (ПВЗ). Розказати про будову магніту: плоского; підковоподібного.
- 5 (ПВЗ). Як визначити чи намагнічена залізна спиця, якщо нічого не використовувати?

План:

- 3.6.1. Полюси магніту та його нейтральна зона.
- 3.6.2. Гіпотеза Ампера про елементарні електричні струми.

Навчально-методичні завдання:

- 1 (УЗЗ). Описати методичні рекомендації для учнів розв'язувати і складати фізичні задачі на магнітні явища.
- 2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики: а) Будова магнітів; б) Походження магнітного поля постійних магнітів. Дослід Кулона.
- 3 (УЗЗ). Провести демонстраційний експеримент на магнітні дії електричного струму.
- 4 (ПВЗ). Розказати про застосування магнітів.
- 5 (ПВЗ). Пояснити правило лівої руки (*рис. 3.22*).
- 6 (ПВЗ). Розказати про видатних учених-фізиків, які вивчали магнітні явища: Андре Ампер, Доминик Араго, Уільям Джильберт, Ганс Християн Ерстед, Кулон, інші дослідники.
- 7 (ПВЗ). Сконструювати евристичну бесіду на тему «Природні магніти». Провести її в аудиторії.
- 8 (УЗЗ). Продовжити. «Що характерно, полюсів у магніту завжди парне число. Неможливо отримати магніт лише з одним полюсом. Співвідношення між розмірами полюсних частин магніту і нейтральною зоною залежить від форми магніту. Якщо виготовити магніт у вигляді довгого і тонкого стержня, то полюсні частини його зводяться майже до точок, які лежать біля кінців магніту, а вся інша поверхня являє...».

3.6.1. Полюси магніту та його нейтральна зона

Якщо доторкатись магнітом до металевої кульки, що лежить на столі, то виявиться, що в одних точках — біля кінців магніту — для того, щоб відірвати кульку від магніту, потрібно прикласти деяке зусилля, а в інших точках — біля середини магніту — металева кулька практично не притягується до магніту.

У зв'язку з цим ті частини магніту, у яких притягання металевих предметів проявляється значним чином, називають полюсами магніту, а частини поверхні магніту, у яких сили притягання не виявляються або надзвичайно слабкі, називаються нейтральною зоною. Полюс магніту — це частина магніту (найчастіше це краї), у якій сили притягання металевих предметів найбільш великі. Нейтральна зона — це частина магніту (найчастіше середина), у якій сили притягання металевих предметів слабкі чи відсутні. Зазвичай штучним магнітам надають вигляд смужки — прямої чи підковоподібної. Такі магніти майже завжди мають два полюси на кінцях цієї смужки і нейтральну зону між ними (рис. 3.20).

Проте шматок сталі можна намагнітити і так, щоб він мав не 2, а 4, 6, 8 та більше полюсів.

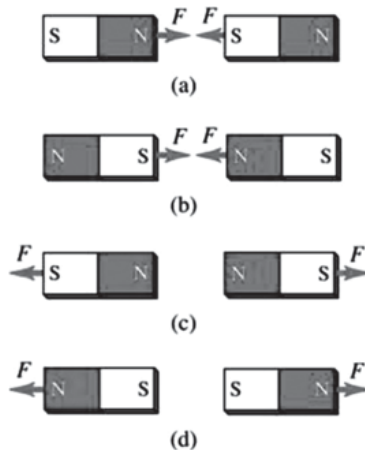


Рис. 3.20. Полюси магнітів

3.6.2. Гіпотеза Ампера про елементарні електричні струми

Відповідно до гіпотези Ампера, всередині молекул і атомів циркулюють елементарні електричні струми. Згодом стало відомо, що ці струми, представляють собою рух електронів по орбітам в атомі. Якщо площини, в яких циркулюють ці заряди, розташовані неупорядковано по відношенню одна до одної, внаслідок теплового руху молекул, з яких складається тіло, то їх взаємодія взаємно компенсується і ніяких магнітних властивостей тіло не проявляє.

І навпаки: якщо площини, в яких обертаються електрони, паралельні одна одній і напрям нормалей до цих площин однаковий, то такі речовини мають зовнішнє магнітне поле (рис. 3.21).



Рис. 3.21. Будова парамагнетика

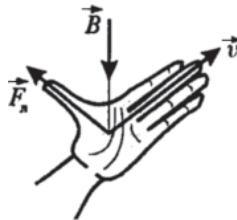


Рис. 3.22. Правило лівої руки

3.7. Магнітне поле

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

1 (ПВЗ). Якщо кілька разів піднести до годинника сильний магніт, то показання годинника будуть невірними. (Іноді через декілька днів годинник відновлює правильний хід). Як можна пояснити це явище?

2 (УЗЗ). Як побудувати сильний електромагніт, якщо поставлена умова, щоб струм у ньому був відносно слабким?

3 (УЗЗ). У якому місці Землі магнітна стрілка обома кінцями вказує на південь?

4 (ПВЗ). Чому сталеві віконні ґрати з часом намагнічуються?

5 (УЗЗ). У підготовці польотів на Північній полюс багато уваги приділялося забезпеченню орієнтації літака поблизу полюса з-за того, що там звичайні магнітні компаси працюють погано і є практично непридатними. Чому?

План:

3.7.1. Дослід Ерстеда.

3.7.2. Прилади для вимірювання напруженості магнітного поля.

Навчально-методичні завдання:

1 (УЗЗ). Підготувати комп'ютерну презентацію на тему «Дослід Ерстеда».

2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики: а) Магнітне поле та його дія; б) Силі лінії магнітного поля.

3 (УЗЗ). Провести демонстраційний експеримент, обернений до досліду Ерстеда.

4 (ПВЗ). Як діє магнітне поле на стрілку?

5 (УЗЗ). Визначте тему уроку та допоможіть вчителю закріпити з учнями навчальний матеріал.

1. Чому для вивчення магнітного поля можна використати залізні ошурки?

2. Як розміщуються ошурки в магнітному полі прямого струму?

3. Що називають магнітною лінією магнітного поля?

4. Для чого вводять поняття магнітної лінії поля?

5. Як показати на досліді, що напрям магнітних ліній пов'язаний з напрямом струму?

6. У якому напрямі встановиться котушка з струмом, підвішена на довгих тонких провідниках? Чому вона встановиться саме таким чином?

7. Що називається електромагнітом?
8. Що треба зробити, щоб змінити магнітні полюси ко-тушки на протилежні?

3.7.1. Дослід Ерстеда

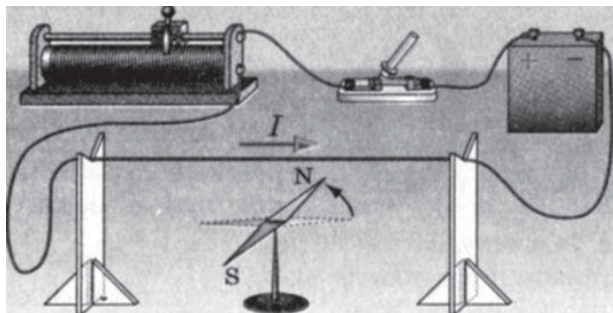


Рис. 3.23. Демонстраційна установка досліду Ерстеда

Датський учений Г.Х. Ерстед демонстрував студентам досліди з нагріванням провідників електричним струмом. Під час одного з дослідів він помітив, що в процесі проходження електричного струму провідником, магнітна стрілка, розташована поблизу провідника, відхиляється від напрямку «північ — південь» (рис. 3.23).

У разі ж відсутності струму стрілка знову встановлюється вздовж ліній магнітного поля Землі. Так учений з'ясував, що електричний струм чинить певну дію на магнітну стрілку.

3.7.2. Прилади для вимірювання напруженості магнітного поля

До вимірюваних характеристик магнітного поля відносяться: вектор магнітної індукції B , напруженість поля H , потік вектора індукції (магнітний потік), градієнт магнітного поля та інші.

Напруженість поля необхідно вимірювати для визначення діаграм спрямованості антен, дальності дії радіостанцій і ретрансляторів, наявності паразитних випромінювань, якості екранування пристроїв та інших характеристик, що визначають якість радіозв'язку, телебачення, радіомовлення і телефонного зв'язку.

Магнітометр — прилад для вимірювання напруженості магнітного поля та інших магнітних величин, зокрема, магнітних характеристик матеріалів.

Одним з найпоширеніших є магніто механічний магнітометр, у якому відбувається взаємодія двох постійних магнітів у вимірюваному магнітному полі, внаслідок чого один з них відхиляється на певний кут (рис. 3.24). Процес вимірювання напруженості поля містить три етапи: 1) попередня настройка; 2) калібрування; 3) вимір.

Наприклад. Побутовий індикатор напруженості електромагнітного поля «Імпульс» (рис. 3.25). Даний прилад, призначений для використання в побуті, виявлення і вимірювання рівня електричного і магнітного (не іонізуючих!) випромінювань від побутових електроприладів (телевізорів, комп'ютерів, мікрохвильових печей, радіотелефонів і т.п.), ліній електропередач і радіоантен, електродвигунів, пошуку електропроводки і т.п.

Застосування вимірювального приладу магнітометру: у геології, під час пошуку корисних копалин, в археології, під час археологічних розкопок, в астрофізиці, для дослідження орбіти планет, у навігації на морі, космосі та авіації, у біології та медицині, у сейсмології (прогноз землетрусів).



Рис. 3.24.
Індукційний магнітометр



Рис. 3.25. *Побутовий індикатор напруженості електромагнітного поля «Імпульс»*

3.8. Магнітні поля електричних струмів

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (РГ). Розказати магнітні властивості речовин.
- 2 (ПВЗ). Розказати про вісмутуову спіраль для вимірювання напруженості магнітного поля.
- 3 (ПВЗ). Пояснити дослід Ерстеда та його анти дослід.
- 4 (ПВЗ). Розказати про застосування вимірювального приладу магнітометру.
- 5 (ПВЗ). Як побачити силові лінії магнітних полів?

План:

3.8.1. Магнітне поле прямолінійного струму і кругового витку. Правило буравчика.

3.8.2. Магнітне поле рухомих зарядів.

Навчально-методичні завдання:

1 (УЗЗ). Підготувати комп'ютерну презентацію на тему «Правило Буравчика».

2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики «Магнітне поле рухомих зарядів».

3 (УЗЗ). Провести демонстраційний експеримент, обернений до дослід Ерстеда.

4 (ПВЗ). Продемонструвати дослід «Картина силових ліній магнітного поля колового витка струму».

5 (УЗЗ). Провести порівняння гравітаційного і магнітного полів у вигляді таблиці. Навести експериментальне підтвердження цього.

6 (УЗЗ). Продовжити. «Магнітне поле виникає навколо будь-якого провідника незалежно від його форми за умови, що в провіднику проходить електричний струм.

У електротехніці ми маємо справу з різного роду котушками, що складаються з ряду витків. Для вивчення магнітного поля котушки розглянемо спочатку, яку форму має магнітне поле одного витка...».

3.8.1. Магнітне поле прямолінійного струму і кругового витку. Правило буравчика

Якщо проходить у провіднику електричний струм, то створюється магнітне поле. Щоб дізнатися, у який бік відхилиться магнітна стрілка (дослід Ерстеда), застосовують правило правої руки.

Якщо розташувати над провідником праву руку долонею вниз так, щоб напрямок струму збігався з напрямком пальців, то відігнутий великий палець покаже напрямок відхилення північного полюса магнітної стрілки, вміщеній під провідником.

Користуючись цим правилом і знаючи полярність стрілки, можна визначити також напрямок струму в провіднику (рис. 3.26).

Магнітне поле прямолінійного провідника має форму концентричних кіл. Якщо розташувати над провідником праву руку долонею вниз так, щоб струм як би виходив з пальців, то відігнутий великий палець вкаже на північний полюс магнітної стрілки.

Таке поле називається круговим магнітним полем.

Напрямок силових ліній кругового поля залежить від напрямку електричного струму в провіднику і визначається, так званним, правилом буравчика. Якщо свердлик подумки угвинчувати за напрямком струму, то напрямок обертання його ручки буде співпадати з напрямком магнітних силових ліній поля. Застосовуючи це правило, можна дізнатися напрям струму в провіднику, якщо відомо напрямок силових ліній поля, створеного цим струмом.

Повертаючись до досліду з магнітною стрілкою, можна переконалися в тому, що вона завжди розташовується своїм північним кінцем у напрямку силових ліній магнітного поля.

Отже, навколо прямолінійного провідника, уздовж якого проходить електричний струм, виникає магнітне поле. Воно має форму концентричних кіл і називається круговим магнітним полем.

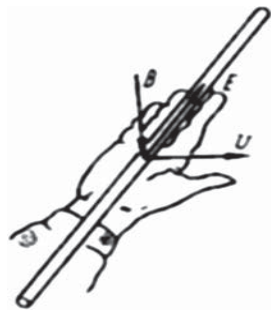


Рис. 3.26. Правило правої руки

3.8.2. Магнітне поле рухомих зарядів

Досліди свідчать, що на нерухомий заряд q магнітне поле не діє, а на рухомий — діє у напрямку, що визначається правилом лівої руки.

Дію магнітного поля на провідник з струмом, тобто існування сили Ампера, голландський вчений Лоренц пояснив тим, що магнітне поле діє на рухомі заряди в провіднику з струмом. Це означає, що сила Ампера є сумою сил, що діють на рухомі заряди (електрони і іони).

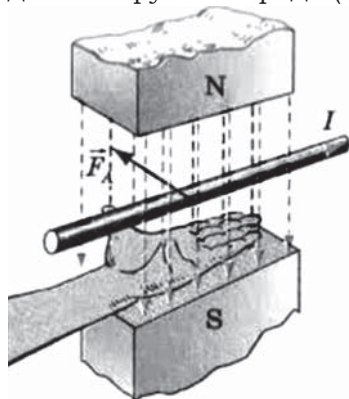


Рис. 3.27. Напрямок сили Лоренца

Сила, з якою магнітне поле діє на один рухомий заряд називається силою Лоренца.

Напрямок сили Лоренца визначають за правилом лівої руки (рис. 3.27). Якщо ліву руку розмістити так, щоб силові лінії входили в долоню, а чотири пальці спрямовані в напрямку руху заряду якщо він позитивний і проти руху заряду якщо він негативний, тоді відведений великий палець вкаже напрям сили Лоренца.

3.9. Магнітне поле Землі

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (РГ). Розказати про магнітне поле.
- 2 (ПВЗ). Продемонструвати компас та розказати принцип дії.
- 3 (ПВЗ). Пояснити зміст силових ліній магнітного поля Землі.

Завдяки магнітному полі Землі заряди, які влітають в атмосферу з космосу, спрямовуються до полюсів, і тому, їх кількість біля полюсів більша, ніж на екваторі в 1,5 – 2 рази.

План:

- 3.9.1. Елементи земного магнетизму.
- 3.9.2. Магнітні бурі.
- 3.9.3. Сили Лоренца та полярні сяйва.

Навчально-методичні завдання:

1 (УЗЗ). Підготувати комп'ютерну презентацію на тему «Елементи земного магнетизму».

2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики «Магнітне поле Землі».

3 (УЗЗ). Розказати про інклінометр (рис. 3.28).

4 (УЗЗ). Продовжити. «Ще китайці у давні часи помітили, що стрілка компасу може тремтіти або відхилятися. Проте, тільки у середині 19 сторіччя, германський географ та мандрівник Александр фон Гумбольдт уперше описав ці відхилення за своїми спостереженнями у берлінській обсерваторії. Спочатку такі відхилення віднесли до «шуму», пов'язаному із нерівномірністю підземних джерел магнітного поля. Однак, організовані К. Гауссом та В. Вебером скоординовані спостереження за магнітним полем (1836-1841) показали, що ці збурення відбуваються одночасно у всій Землі. Тим часом була організована мережа магнітних об-

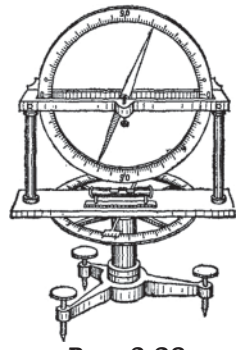


Рис. 3.28.
Інклінометр

серваторій у Російській імперії, Європі, у Філадельфії та на Алясці, а також у Сітці. Дані з ним підтвердили глобальний характер збурення магнітного поля у всій Землі...».

3.9.1. Елементи земного магнетизму

Навколо Землі існує поле тяжіння, зумовлене її масою. Це поле називається гравітаційним. Сила тяжіння притаманна як малим, так і великим тілам. Чим більша маса тіла, тим потужніше його гравітаційне поле. Біля поверхні Землі його середнє значення становить близько $9,8 \text{ м/с}^2$. З висотою напруженість поля зменшується. Теоретично гравітаційне поле Землі поширюється до безкінечності. Ближче до поверхні Землі сила тяжіння набуває дещо іншого характеру. Тут проявляються сили, які не тільки притягують, а і відштовхують тіла, що знаходяться на поверхні Землі. Відштовхуюча сила зумовлена обертанням Землі навколо своєї осі і називається відцентровою. Рівнодіюча двох сил — гравітаційної та відцентрової — називається силою тяжіння. Визначається сила тяжіння масою тіл. Маса, власне, і є сила, з якою тіла притягаються в напрямі до центра Землі. Сила тяжіння утримує тіла і предмети на поверхні Землі, а гравітаційне поле утримує на відстані супутник Землі — Місяць.

Розподіл величини сили тяжіння на поверхні Землі залежить від географічної широти: зі збільшенням широти вона зростає. Зменшення сили тяжіння в напрямі до екватора пояснюється двома причинами: збільшенням у цьому напрямку відцентрової сили і збільшенням відстані від центра планети, а також особливостями її внутрішньої будови. Якби Земля була правильною нерухомою кулею, за складом однорідною від поверхні до центру, то її сила тяжіння скрізь була б однаковою і направленою до центру планети.

На полюсах, де відцентрова сила практично відсутня, а відстань до центру Землі найменша, сила тяжіння — найбільша і становить $9,83 \text{ м/с}^2$. На екваторі відцентрова сила і відстань найбільші, тому сила тяжіння найменша — $9,78 \text{ м/с}^2$.

Вплив гравітаційного поля на розвиток планети та її географічну оболонку величезний. Сила тяжіння визначає справжню форму земної поверхні — геоїд, зумовлює рухи земної кори. Під її впливом відбувається переміщення пухких гірських порід, мас води, льоду, повітря. Гравітаційне поле Землі є однією з причин кругообігів у літосфері, атмосфері та гідросфері.

Кожен з елементів магнетизму змінюється в часі. Він не залишається постійним у багаторічному періоді, протягом сезону, діб і в менші проміжки часу. Такі зміни називаються варіаціями елементів земного магнетизму і можуть бути найрізноманітнішими. Всі варіації елементів земного магнетизму за своїм походженням поділяють на два типи: швидкоплинні періодичні і повільні (вікові).

3.9.2. Магнітні бурі

Геомагнітні бурі — збурення магнітного поля Землі тривалістю від кількох годин до кількох діб (від 12 до 72 або більше годин), викликане надходженням в околиці Землі збуджених високошвидкісних потоків сонячного вітру і пов'язаної з ними ударної хвилі. Геомагнітні бурі відбуваються, в основному, в середніх і низьких широтах Землі.

У результаті спалахів на Сонці в космічний простір викидається величезна кількість речовини (здебільшого протонів і електронів), частина яких, рухаючись зі швидкістю 400-1000 км/с, за один-два дні досягає земної атмосфери. Магнітне поле Землі захоплює з космічного простору заряджені частинки. Дуже сильний потік часток збурює магнітне поле планети, через що швидко і сильно змінюються характеристики магнітного поля.

Таким чином, геомагнітна буря — це швидкі й сильні зміни в магнітному полі Землі, що виникають у періоди підвищеної сонячної активності (рис. 3.29).

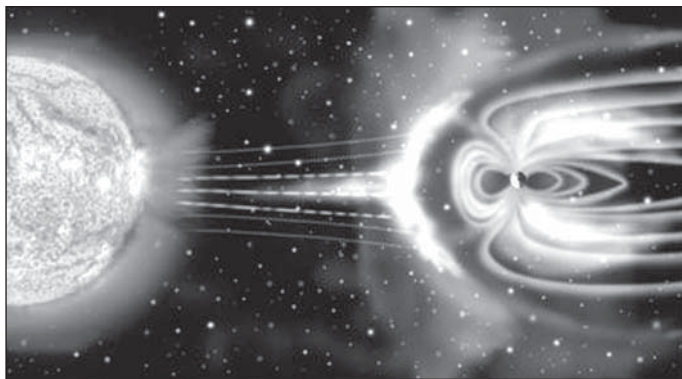


Рис. 3.29. Геомагнітна буря

Пік активності Сонця під час поперяднього сонячного циклу припав на 2001–2002 роки, коли сонячні вітри вихо-

дили з поверхні нашого світила майже постійно, а сонячні плями досягли свого максимуму.

Найсильнішою сонячною бурєю з усіх будь-коли зафіксованих стала буря 1859 року, відома як «Каррінгтонська подія», яка вивела з ладу більшість магнітних приладів і телеграфні системи.

3.9.3. Сили Лоренца та полярні сяйва

Застосування Сили Лоренца:

- а) електронно-променева трубка (осцилограф, кінескоп, дисплей комп'ютера);
- б) циклічні прискорювачі (циклотрони);
- в) магнітогідродинамічні генератори (МГД-генератори);
- г) мас-спектрограф (розділення ізотопів);
- д) стискування плазми;
- е) визначення кінетичної енергії, величини заряду та маси за треками;
- ж) радіаційні пояси Алена над екватором Землі;
- з) полярні сяйва.

Полярне сяйво — оптичне явище у верхніх шарах атмосфери, світіння окремих ділянок нічного неба, що швидко змінюється (рис. 3.30).

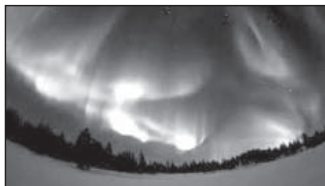


Рис. 3.30. Полярне сяйво

Сяйво спостерігається на відстані 20-25° північної і південної широт (північне полярне сяйво і південне полярне сяйво) від магнітного полюса Землі одночасно на всіх довготах, але з різною інтенсивністю. Відбувається в результаті світіння розріджених шарів атмосфери на висотах 60-1000 км під дією сонячного вітру (потоків протонів і електронів). Заряджені частинки проникають в атмосферу з космосу і під дією магнітного поля Землі спрямовуються до північного або південного магнітного полюса, де вони входять у верхні шари атмосфери, бомбардують розріджені гази атмосфери і змушують їх випромінювати видиме світло.

За формами полярне сяйво розрізняють: дифузне сяйво з дугами від однієї точки горизонту до іншої, а також промені, стрічки, корони, плями. Тривалість полярного сяйва від декількох хвилин до декількох діб.

3.10. Електромагнітна індукція

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (РГ). Умови виникнення індукційного струму.
- 2 (ПВЗ). Розказати про досліди Фарадея.
- 3 (ПВЗ). Пояснити як виникає ЕРС індукції.
- 4 (ПВЗ). Розказати про самоіндукцію.
- 5 (ПВЗ). Що являє собою правило Ленца?

План:

- 3.10.1. Електромагнітна індукція і сили Лоренца.
- 3.10.2. Струми Фуко.

Навчально-методичні завдання:

1 (УЗЗ). Підготувати комп'ютерну презентацію на тему «Закон Фарадея для самоіндукції».

2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики «Закон Фарадея».

3 (УЗЗ). Провести демонстраційний експеримент на тему «Електромагнітна індукція».

4 (ПВЗ). Як діє земний редуктор?

5 (УЗЗ). Розказати про видатних учених, які досліджували електромагнітну індукцію.

6 (УЗЗ). Продовжити: «а) у соленоїд, замкнений на гальванометр, всувається й висувається постійний магніт. На гальванометрі буде відхилення стрілки, і воно буде тим більше, чим швидше відбувається рух. У процесі зміни полюсів магніту напрямом відхилення стрілки зміниться;

б) у соленоїд, замкнений на гальванометр, вставлена котушка (інший соленоїд), через яку пропускається струм. За умов вмикання і вимикання (тобто за будь-якої зміни струму) відбувається відхилення стрілки гальванометра. Напрямок відхилення змінюється за умов: вмикання-вимикання, зменшенні-збільшенні струму, всуванні-висуванні котушок.

Явище електромагнітної індукції полягає в тому, що в замкненому провідному контурі за умов зміни потоку магнітної індукції...».

3.10.1. Електромагнітна індукція і сили Лоренца

Явище виникнення електричного струму в замкнутому провіднику в разі зміни магнітного поля є одним із проявів електромагнітної індукції.

Закон електромагнітної індукції експериментально відкрив Фарадей, опублікувавши результати своїх досліджень у 1831 р. Відкриття Ерстеда, роботи Ампера та інших учених у галузі магнетизму засвідчили існування глибокого зв'язку електричних і магнітних явищ. Однак, цей зв'язок спочатку виглядав одностороннім. За висловом Фарадея явище, відкрите Ерстедом, означало отримання «магнетизму з електрики». Будучи переконаним в існуванні взаємозв'язку явищ у природі, Фарадей цілком свідомо розпочав пошуки зворотного явища, тобто отримання «електрики з магнетизму», або явища електромагнітної індукції. Довгий час Фарадею не вдавалося підтвердити власну гіпотезу, оскільки він експериментував із постійними магнітними полями та магнітними потоками.

Перші досліди Фарадей провадив з двома котушками, намотаними одна поверх іншої на циліндричний дерев'яний стержень. До одної котушки була приєднана батарея гальванічних елементів, до іншої — гальванометр, який складав з магнітної стрілки та двох розташованих обабіч неї котушок, уздовж яких мав проходити струм, індукований магнітним полем. Фарадей з розчаруванням з'ясував, що сталий струм у котушці не викликає відхилення магнітної стрілки. Проте в одному з дослідів він зауважив ледь помітне відхилення стрілки під час вмикання батареї та відхилення її у протилежний бік під час вимикання.

Зауваживши це, Фарадей удосконалив свою апаратуру. Він сконструював більш чутливий та малоінерційний гальванометр, а обидва провідники розмістив на окремих дошках у вигляді багатократно повтореної букви W. Як і раніше, до одного провідника приєднувалася батарея гальванічних елементів, до іншого — гальванометр. За умови зближення провідників, стрілка гальванометра стійко відхилялася, вказуючи на існування струму в іншому провіднику, причому протилежного до струму в першому провіднику. Якщо провідники віддалялися один від іншого, то струми мали однаковий напрямок. Ці та інші експерименти дозволили Фарадею дійти висновку, що сила струму в контурі пропорційна швидкості зміни магнітного потоку (рис. 3.31).

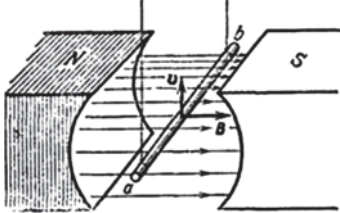


Рис. 3.31.

Електромагнітна індукція і сили Лоренца

3.10.2. Струми Фуко

Індукційні струми можуть збуджуватися й у суцільних масивних провідниках. У цьому випадку їх називають струмами Фуко або вихровими струмами. Електричний опір масивного провідника мало, тому струми Фуко можуть досягати дуже великої сили.

Струми Фуко, як і індукційні струми в лінійних провідниках, підкоряються правилу Ленца: їх магнітне поле спрямоване так, щоб протидіяти зміні магнітного поля, такого що індукує вихрові струми. Це використовують для демпфірування (заспокоєння) рухливих частин гальванометрів, сейсмографів і т.п. Теплова дія струмів Фуко використовуюється в індукційних плавильних пічках.

Для зменшення струмів Фуко сердечники трансформаторів роблять із окремих пластин і, пластини перпендикулярні струмам Фуко.

Внаслідок виникнення вихрових струмів, швидкозмінний струм нерівномірно розподілений перетином провідника, витісняється на поверхню провідника — скін-ефект. Тому на високих частотах використовують порожні провідники.

3.11. Магнітні властивості тіл

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (РГ). Умови виникнення магнітного поля.
- 2 (ПВЗ). Розказати про досліди Ерстеда.
- 3 (ПВЗ). Пояснити як виникає електромагнітне поле.
- 4 (ПВЗ). Розказати про відмінність між електричними і магнітними явищами.
- 5 (ПВЗ). Що являє собою парамагнетики та діамагнетики?

План:

- 3.11.1. Магнітна проникність заліза.
- 3.11.2. Магнітний захист.
- 3.11.3. Основи теорії феромагнетизму.

Навчально-методичні завдання:

1 (УЗЗ). Підготувати комп'ютерну презентацію на тему «Молекулярна теорія магнетизму».

2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики «Магнітні властивості тіл».

3 (УЗЗ). Провести демонстраційний експеримент на тему «Пара- та діамагнетики».

4 (ПВЗ). Як виміряти магнітне поле під час внесення в нього шматка заліза?

5 (УЗЗ). Розказати про видатних учених, які досліджували магнітні властивості тіл: А. Столетов, П'єр Кюрі, Ф. Гойслер (металокерамічний сплав).

6 (УЗЗ). Продовжити. «Магніто-тверді матеріали значною мірою зберігають свою намагніченість і після видалення їх з магнітного поля. Прикладами магніто-твердих матеріалів можуть служити вуглеродиста сталь і ряд спеціальних сплавів. Магніто-тверді матеріали використовуються в основному для виготовлення постійних магнітів...»

Природа феромагнетизму може бути до кінця зрозуміла тільки на основі квантових уявлень. Якісно феромагнетизм пояснюється наявністю власних (спінових) магнітних полів у електронів...».

3.11.1. Магнітна проникність заліза

Магнітна проникність — фізична величина, коефіцієнт (залежить від властивостей середовища), що характеризує зв'язок між магнітною індукцією B , напруженістю магнітного поля H у речовині.

Для різних середовищ цей коефіцієнт різний, тому говорять про магнітну проникність конкретного середовища (маючи на увазі її склад, стан, температуру).

Переважає більшість речовин відносяться або до класу діаманетиків ($\mu \leq 1$) або до класу парамагнетиків ($\mu \geq 1$). Але ряд речовин — (феромагнетики), наприклад залізо, мають більш виражені магнітні властивості.

Паро- і діаманетизм пояснюється поведінкою електронних орбіт у зовнішньому магнітнім полі. В атомах діаманетичних речовин під час відсутності зовнішнього поля власні магнітні поля електронів і поля, створювані їхнім орбітальним рухом, повністю скомпенсовані. Виникнення діаманетизму пов'язане з дією сили Лоренца на електронні орбіти. Під дією цієї сили змінюється характер орбітального руху електронів і порушується компенсація магнітних полів. Виникаюче магнітне поле атома виявляється спрямованим проти напрямку індукції зовнішнього поля.

В атомах парамагнітних речовин магнітні поля електронів скомпенсовані не повністю, і атом виявляється подібним маленькому круговому току. Під час відсутності зовнішнього поля ці кругові мікроструми орієнтовані довільно, так що сумарна магнітна індукція дорівнює нулю. Зовнішнє магнітне поле виявляє орієнтуючу дію — мікроструми прагнуть зорієнтуватися так, щоб їх власні магнітні поля виявилися спрямованими за напрямком індукції зовнішнього поля. Через тепловий рух атомів орієнтація мікрострумів ніколи не буває повною. У посиленні зовнішнього поля орієнтаційний ефект зростає, так що індукція власного магнітного поля парамагнітного зразка зростає прямо пропорційно індукції зовнішнього магнітного поля. Повна індукція магнітного поля в зразку складається з індукції зовнішнього магнітного поля й індукції власного магнітного поля, що виникло у процесі намагнічування. Механізм намагнічування парамагнетиків дуже схожий на механізм поляризації полярних діелектриків. Діаманетизм не має аналога серед електричних властивостей речовини.

Слід зазначити, що діаманетичні властивості мають атоми будь-яких речовин. Однак у багатьох випадках діаманетизм

атомів маскується більш сильним парамагнітним ефектом. Явище діамagnetизму було відкрито М. Фарадеєм у 1845 р.

3.11.2. Магнітний захист

Магнітний екран — пристрій для захисту магніточутливих приладів, наприклад гірокомпаса від впливу магнітних і електромагнітних полів, що відводять вісь гірокомпаса з площини меридіана.

Ефективність захисної дії екрана характеризується коефіцієнтом екранування — відношенням напруженостей магнітного поля в місці розташування гідромотора за відсутності та наявності магнітного екрана.

Феромагнітний екран — лист, циліндр, сфера (оболонка будь-якої форми) з матеріалу з високою магнітною проникністю, низькою залишковою індукцією, і малою коерцитивною силою.

Часто магнітні екрани виготовляються з пермалою — сплаву з високою магнітною проникністю.

Екрани з матеріалу з високою електропровідністю (Cu, Al тощо) служать для захисту від змінних магнітних полів. За зміни зовнішнього магнітного поля, у стінках екрана виникають індукційні струми, які охоплюють екранний об'єм.

Надпровідні екрани. Дія екранів цього типу заснована на Мейснера ефекті — повне витіснення магнітного поля з надпровідника. У будь-якій зміні зовнішнього магнітного потоку в надпровідниках виникають струми, які відповідно до правила Ленца, компенсують ці зміни. На відміну від звичайних провідників, у надпровідниках, індукційні струми не загасають і тому компенсують зміну потоку протягом всього часу існування зовнішнього поля.

Схема спідометра (рис. 3.32): 1 — приводний валик; 2 — обертовий магніт; 3 — алюмінієвий диск; 4 — магнітний екран; 5 — пружина; 6 — стрілка; 7 — лічильний механізм; 8 і 9 — валики приводу лічильного механізму; 10 — шкала.

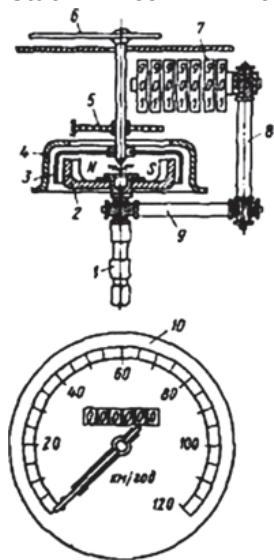


Рис. 3.32.
Магнітний екран спідометра

3.11.3. Основи теорії феромагнетизму

На відміну від діамагнетизму і парамагнетизму, які є властивостями окремих атомів молекул речовини, феромагнітні властивості речовини пояснюються особливостями її кристалічної структури.

Атоми заліза, якщо взяти їх, наприклад, у пароподібному стані, самі в собі діамагнітні або лише слабо парамагнітні. Феромагнетизм є властивість заліза у твердому стані, тобто властивість кристалів заліза (рис. 3.33).

У цьому нас переконує ряд фактів. Насамперед на це вказує залежність магнітних властивостей заліза й інших феромагнітних матеріалів від обробки, що змінює їх кристалічну будову (загартування, віджиг). Далі виявляється, що з парамагнітних і діамагнітних металів можна виготовити сплави, що володіють високими феромагнітними властивостями. Такий, наприклад, сплав Гойслера, майже не уступає своїми магнітними властивостями залізу, хоча він складається з таких слабо магнітних металів, як мідь (60%), марганець (25%) і алюміній (15%). З іншого боку, деякі сплави з феромагнітних матеріалів, наприклад, сплав з 75% заліза і 25% нікелю, майже не магнітний. Нарешті, самим вагомим підтвердженням є те, що в досягненні певної температури (точка Кюрі) усі феромагнітні речовини втрачають свої феромагнітні властивості.

Феромагнітні речовини відрізняються від парамагнітних не тільки дуже великим значенням магнітної проникності й її залежністю від напруженості поля, але й є дуже своєрідним зв'язком між намагнічуванням і напруженістю, яка намагнічує поля. Ця особливість знаходить своє вираження в явищі гистерезису з усіма його наслідками: наявністю залишкового намагнічування і коерцитивної сил.

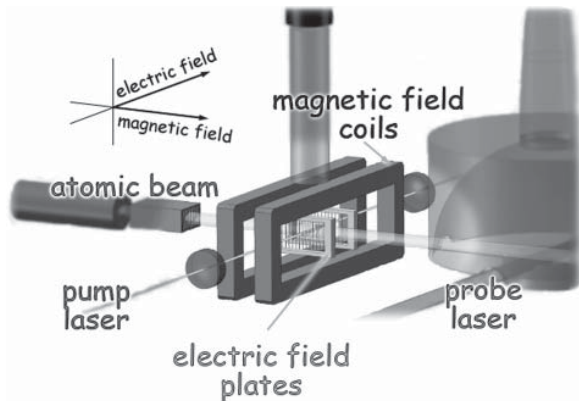


Рис. 3.33. Намагнічування і розмагнічування твердих тіл (квантова теорія твердих тіл)

3.12. Змінний струм

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (РГ). Що таке змінний струм?
- 2 (ПВЗ). Розказати про основні експериментальні дослідження змінного струму.
- 3 (ПВЗ). Пояснити як виникає ЕРС індукції та самоіндукції.
- 4 (ПВЗ). Розказати про вчених, які досліджували змінний струм.
- 5 (РГ). Назвати основні формули цього розділу шкільної фізики.

План:

- 3.12.1. Осцилограф.
- 3.12.2. Самоіндукція.
- 3.12.3. Централізоване виробництво і розподіл електричної енергії.

Навчально-методичні завдання:

- 1 (УЗЗ). Підготувати комп'ютерну презентацію на тему «Централізоване виробництво і розподіл електричної енергії».
- 2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики «Закон Фарадея для самоіндукції».
- 3 (УЗЗ). Провести демонстраційний експеримент на тему «Самоіндукція».
- 4 (ПВЗ). Яка відмінність між виникненням явищ індукції та самоіндукції?
- 5 (УЗЗ). Пояснити. «Виробництво і розподіл енергії в енергосистемах України та країнах Європи здійснюють на частоті 50 Гц. У США, Канаді та Японії енергопостачання відбувається на частоті 60 Гц. Вибір значення частоти в енергосистемах визначається тим, що за низьких частот стає помітним для ока мигання ламп розжарювання, а на більш високих частотах погіршуються умови передачі енергії на далекі відстані за рахунок впливу ємностей та індуктивностей лінії електропередачі. З ростом частоти зменшуються габарити і маса електрообладнання, тому в авіації широко використовують частоту 400 Гц».
- 6 (УЗЗ). Продовжити. «Для задоволення потреб споживачів у якісному і надійному електропостачанні необхідно: ...».

3.12.1. Осцилограф

Прилад для вимірювання та запису параметрів електричного сигналу.

Уперше прилад був створений американською фірмою Tektronix у 1947 році. Це був аналоговий осцилограф Tektronix Model 511, принцип дії якого був заснований на використанні катодної електронно-променевої трубки. У 80-х роках ХХ століття американська фірма LeCroy Corporation почала виробництво перших цифрових осцилографів.

За способом обробки вхідного сигналу осцилографи поділяють на аналогові та цифрові (рис. 3.34). За кількістю променів поділяються на одно-, двохпроменеві тощо. N -променевий осцилограф має N сигнальних входів і може одночасно відображати на екрані N графіків. Цифрові осцилографи також поділяються на запам'ятовуючі, люмінофорні та стробоскопічні.



Рис. 3.34. Цифровий та аналоговий осцилографи

3.12.2. Самоіндукція

Самоіндукція — явище виникнення електрорушійної сили в провіднику для зміни електричного струму в ньому. Знак електрорушійної сили завжди такий, що вона протидіє зміні сили струму. Самоіндукція призводить до скінченного часу наростання сили струму при вмиканні джерела живлення і спадання струму під час розмикання електричного кола (рис. 3.35).

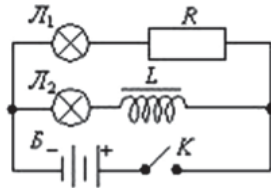


Рис. 3.35. Лампочка загоряється поступово

3.12.3. Централізоване виробництво і розподіл електричної енергії

Електроенергетика — базова галузь, що забезпечує потреби країни в електричній енергії. Надлишкові потужності дозволяють експортувати частину енергії. Із загальної потужності електрогенеруючих станцій, потужність теплових електростанцій, теплоелектроцентралей і блокстанцій становить 63,9%, атомних електростанцій — 26,2%, гідроелектростанцій і гідроакумуючих електростанцій — 9,7%, нетрадиційних джерел — 0,2%.

Основою електроенергетики країни є Об'єднана Електроенергетична Система (ОЕС) України, яка здійснює централізоване енергозабезпечення електроенергією внутрішніх споживачів і взаємодіє з енергосистемами сусідніх країн, забезпечуючи експорт й імпорт електроенергії магістральними і міждержавними лініями електропостачання і через електропідстанції напругою 220-750 кВ.

Сьогодні понад 92% енергоблоків ТЕС відпрацювали розрахунковий ресурс і потребують модернізації або заміни.

Система тепlopостачання в Україні досить розвинена. Сьогодні структура теплоспоживання — це: промисловість — 35,4%, житлово-комунальний сектор — 43,7%, інші сектори економіки — 20,9%.

У країні працює близько 250 ТЕЦ. Основним паливом для ТЕЦ служить природний газ (76-80%), використовуються також мазут (15-18%) і вугілля (5-6%).

У тепловому господарстві країни діє понад 100 тис. котелень різного призначення. Основним паливом для котелень є природний газ (52-58%), частка рідкого палива складає 12-15%, вугілля — 27-36%. Чималий обсяг теплоти виробляють індивідуальні (поквартирні) генератори (газові, рідинні, твердопаливні котли, побутові печі тощо).

Обладнання більшості ТЕЦ застаріле, не відповідає сучасним екологічним вимогам і нормативам, потребує реконструкції, модернізації або повної заміни.

Задоволення попиту в тепловій енергії з одночасним забезпеченням необхідного рівня енергетичної безпеки, економічності, екологічної чистоти і комфортності вимагає максимально можливого заміщення природного газу в структурі тепlopостачання на інші види первинної енергії, передусім власного походження.

У наш час централізоване виробництво і розподіл електроенергії здійснюється на змінному струмі. Використання

електроенергії змінного струму замість постійного струму обумовлене багатьма техніко-економічними причинами: джерела енергії змінного струму — синхронні генератори — дешевші, надійніші та можуть бути виготовлені на значно більші потужності і напруги, ніж генератори постійного струму; електроенергія змінного струму легко та зручно перетворюється за допомогою трансформаторів з однієї напруги в іншу, що є дуже важливим у передачі електроенергії на відстань; основні споживачі електроенергії — двигуни змінного струму — дешевші та надійніші, ніж двигуни постійного струму.

Важливою проблемою для українських АЕС є відпрацьоване ядерне паливо і радіоактивні відходи. Лише Запорізька АЕС має власне сховище відпрацьованого ядерного палива, проектна ємність якого може забезпечити зберігання всього об'єму відпрацьованого ядерного палива, накопиченого впродовж терміну експлуатації. На інших АЕС ця проблема ще не вирішена, відпрацьоване ядерне паливо інших АЕС відправляється для зберігання і подальшої переробки на підприємства Російської Федерації.

Будівництво і модернізація підстанцій напругою 35-150 кВ може відбуватися в прямій залежності від ступеня подальшого енергозабезпечення промислових, сільсько-господарських і комунально-побутових споживачів, здійснюватися випереджувальними темпами відносно збільшення електричного навантаження.

3.13. Завдання для самоконтролю

- 1 (УЗЗ). Чому нитки прилипають до гребінців чесальних машин, які застосовуються у текстильній промисловості, і при цьому плутаються і часто рвуться? Для боротьби з цим явищем у цехах штучно створюють підвищену вологість повітря. Навіщо це роблять?
- 2 (РГ). Цинкові ошурки просіюють через мідне сито. Що відбудеться з листочками електроскопа, якщо струмись цих ошурок направити на кульку електроскопа?
- 3 (УЗЗ). Потріть стрижень електроскопа ненаелектризованою каучуковою паличкою. Електроскоп показує заряд. Чому?
- 4 (ПВЗ). Чому при переливанні бензину з однієї цистерни до іншої він може спалахнути, якщо не прийняти спеціальних заходів запобігання?
- 5 (ПВЗ). Чому електризація при терті була найраніше помічена на тілах, які не проводять електрику?
- 6 (РГ). Чому ебонітову палку, тримаючи в руках, можна наелектризувати тертям, а латунний стрижень неможливо, навіть якщо при цьому торкатися зарядженого предмета?
- 7 (РГ). Чому провідники для дослідів по електростатиці роблять порожнистими?
- 8 (РГ). Чому прилади для електростатичних дослідів не мають гострих кінців, а закінчуються округлими верхніями?
- 9 (ПВЗ). Чому заряджений провідник, вкритий пилюкою, швидко втрачає свій заряд?
- 10 (РГ). Чому птахи зітають з дроту високої напруги, коли вмикають струм?
- 11 (ПВЗ). Чи зміниться напруга однорідного електричного поля між двома різнойменно зарядженими площинами, якщо відстань між ними збільшити вдвічі?
- 12 (УЗЗ). За яких умов заряджена частинка пилу може “висіти” між двома горизонтальними площинами, які заряджені різнойменно? Що відбудеться з пилінкою, якщо заряд її зменшиться? Що потрібно зробити для відновлення рівноваги?
- 13 (УЗЗ). На тонких шовкових нитках підвішені дві однакові паперові кульки. Одна — заряджена, інша — незаряджена. Як визначити, яка з кульок заряджена, якщо не дасться ніяких додаткових приладів і матеріалів?
- 14 (ПВЗ). Яким чином буде діяти наелектризована паличка на магнітну стрілку?

- 15 (УЗЗ). Як діє блискавковідвід? За яких умов він може стати небезпечним для будівлі?
- 16 (УЗЗ). Як захистити деталі радіоустановки від впливу зовнішніх електричних полів?
- 17 (УЗЗ). Чи зміниться електричне поле, яке створюється зарядом, якщо цей заряд оточити тонкою незарядженою металевою поверхнею, яка співпадає з однією з еквіпотенціальних поверхонь?
- 18 (ПВЗ). Згорнутий у трубку станіолевий аркуш підвішений на шовкових нитках і наелектризований. Чи зміниться потенціал цього аркушу, якщо його розгорнути?
- 19 (ПВЗ). Металевий провідник опустили у гас і зарядили від електрофорної машини. Після заряджання, провідник витягнули з гасу за допомогою ізоляторів і перенесли у воду. Чи змінилася електроємність провідника?
- 20 (УЗЗ). Яким чином можна змінити потенціал провідника, не торкаючись його і не змінюючи його заряду?
- 21 (ПВЗ). Що відбудеться з різницею потенціалів на пластинах зарядженого конденсатора, якщо зменшити відстань між ними?
- 22 (ПВЗ). Як зміниться пробивна напруга плоского повітряного конденсатора, якщо на його внутрішній поверхні з'явиться горбок, наприклад, частинка пилу?
- 23 (ПВЗ). Чи зміниться різниця потенціалів пластин плоского повітряного конденсатора якщо одну з них заземлити?
- 24 (УЗЗ). Стара батарейка кишенькового ліхтарика не вмикалася тривалий час, а потім була ввімкнена. При цьому лампочка короткочасно горіла яскраво, а потім згасла. Через декілька днів батарейку знову ввімкнули і лампочка знову загорілася і згасла. Поясніть явище.
- 25 (УЗЗ). Бак для води, виготовлений з листового алюмінію за допомогою мідних клепок, швидко руйнується внаслідок корозії. Поясніть електрохімічну природу корозії.
- 26 (УЗЗ). Який провідник представляє більший опір для постійного струму – мідний суцільний стрижень чи мідна трубка, яка має зовнішній діаметр, що дорівнює діаметру стрижня? Довжину обох провідників вважати однаковою.
- 27 (ПВЗ). Чи проводить скло електричний струм?
- 28 (УЗЗ). Ланцюг складений з батарей акумуляторів і поєднованих послідовно: амперметра, металевого ланцюга і вимикача. Якщо замкнути ланцюг і руками поступово збільшувати натяг металевого ланцюга, то за ампермет-

- ром можна спостерігати збільшення струму. Чим пояснюється це явище?
- 29 (УЗЗ). Для чого на електрифікованих залізницях на стиках рейок влаштовуються з'єднувачі у вигляді жмутів товстого мідного дроту, які приварені до кінців обох рейок?
- 30 (УЗЗ). Чому нитка електролампи сильно нагрівається, а дроти, які підводять до неї струм, залишаються відносно холодними?
- 31 (УЗЗ). При відкриванні дверцят усередині холодильника загоряється лампа, а при закриванні — гасне. Складіть схему відповідного електричного ланцюга.
- 32 (ПВЗ). Накресліть схему такого з'єднання, щоб одночасно з вимкненням лампи в одній кімнаті загорялась лампа у іншій.
- 33 (УЗЗ). У кімнаті є дві електричні лампи. Складіть схему ланцюга ввімкнення вимикача, за допомогою якого можна було б запалювати ту чи іншу лампу (обидві разом, обидві вимикати).
- 34 (УЗЗ). Чому за допомогою вольтметра магнітоелектричної системи неможливо безпосередньо заміряти ЕРС елемента?
- 35 (УЗЗ). Чому в якості запобігачів електричного ланцюгу застосовують дроти з легкоплавких металів?
- 36 (УЗЗ). Чи можна на місце перегорілого запобіжника поставити товсту дротинку або пучок мідних дротин ("жучок")? Чому?
- 37 (УЗЗ). Що відбудеться, якщо спіраль електронагрівача витягнути з води і залишити під струмом деякий час?
- 38 (УЗЗ). Яким чином треба з'єднати обмотки двох нагрівачів, опущених до склянки з водою, щоб вода швидше закипіла?
- 39 (УЗЗ). Чому електричні лампи частіше за все перегорять у момент замикання струму і дуже рідко — у момент розмикання?
- 40 (УЗЗ). Іноді вулиці на селі освітлюються лампами, які живляться генератором невеликої потужності. Чому лампи світяться менш яскраво у кінці вулиці чим далі від генератора?
- 41 (РГ). Чому навколо електроліту, наприклад, навколо розчину солі, немає електричного поля і нам видається, що електроліт є незарядженим, хоча всередині його є заряджені іони?

- 42 (РГ). Чому значно небезпечніше торкатися до електричних дротів мокрими руками, ніж сухими?
- 43 (РГ). Чому при заземленні пластини потрібно закопувати у вологий шар ґрунту (закопування, наприклад, у сухий пісок, недостатнє)?
- 44 (РГ). Чому дроти освітлювальної системи обов'язково мають гумову оболонку, а дроти, призначені для сухих приміщень, крім цього, просмолені ззовні?
- 45 (ПВЗ). До яких пір буде продовжуватися процес електролізу мідного купоросу у разі вибору вугільних електродів, мідних електродів?
- 46 (ПВЗ). Чи можна на основі законів Фарадея зробити висновки, що для електролітичного виділення однакових кількостей речовини потрібна витрата однакових кількостей струму?
- 47 (ПВЗ). Чому відчувається кислуватий смак, якщо доторкнутися одночасно кінчиком язика до контактів батареї від кишенькового ліхтарика?
- 48 (ПВЗ). Чому для гальванічного покриття виробу частіше всього застосовують нікель та хром?
- 49 (ПВЗ). Для чого до корпусу самохідного комбайна кріпиться масивний металевий ланцюг, 25-30 ланок якого лежать на землі?
- 50 (УЗЗ). Чи можна за допомогою контактного зварювання зварити мідні чи срібні деталі?
- 51 (УЗЗ). Якщо кілька разів піднести до годинника сильний магніт, то показання годинника будуть невірними. (Іноді через декілька днів годинник відновлює правильний хід). Як можна пояснити це явище?
- 52 (УЗЗ). Як побудувати сильний електромагніт, якщо поставлена умова, щоб струм у ньому був відносно слабким?
- 53 (ПВЗ). У якому місці Землі магнітна стрілка обома кінцями вказує на південь?
- 54 (ПВЗ). Чому сталеві віконні ґрати з часом намагнічуються?
- 55 (УЗЗ). При підготовці польотів на Північний полюс багато уваги приділялося забезпеченню орієнтації літака поблизу полюса з-за того, що там звичайні магнітні компаси працюють погано і є практично непридатними. Чому?

Розділ 4

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ КОЛИВАНЬ І ХВИЛЬ

4.1. Механічні коливання

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (РГ). Розказати про механічні коливання. Навести приклади у навколишньому світі.
- 2 (ПВЗ). Розказати про резонанс коливань.
- 3 (ПВЗ). Пояснити які характеристики впливають на коливальний рух.
- 4 (ПВЗ). Розказати про гармонічні коливання.
- 5 (ПВЗ). У чому фізичний зміст автоколивань?

План:

- 4.1.1. Коливання камертона.
- 4.1.2. Пружні та крутильні коливання.

Навчально-методичні завдання:

- 1 (УЗЗ). Описати методичні рекомендації для учнів розв'язувати і складати фізичні задачі на коливальні явища.
- 2 (П). Спроекувати та підготувати розгорнутий план-конспект уроку фізики:
 - а) Математичний маятник;
 - б) Вимушені коливання та автоколивання.
- 3 (ПВЗ). На основі загальних відомостей з шкільного курсу фізики, розказати про динаміку коливань маятників.
- 4 (ПВЗ). Розказати про вплив тертя на резонансні явища.
- 5 (УЗЗ). Створити комп'ютерну презентацію на тематику про коливальні рухи.
- 6 (П). Розказати про генезис землетрусів і теорію пружного відгуку.
- 7 (УЗЗ). «За способом збудження розрізняють чотири типи коливань: вільні, змушені, параметричні і автоколивання.

Вільними (або власними) називаються коливання, що виникають в ізольованій системі...

Вимушеними називаються ...».

4.1.1. Коливання камертона

Резонансні явища можна спостерігати на механічних коливаннях будь-якої частоти, зокрема і на звукових коливаннях. Приклад звукового або акустичного резонансу ми маємо в наступному досліді. Поставимо поруч два однакових камертона, звернувши отвори ящиків, на яких вони укріплені, один до одного (рис. 4.1). Ящики потрібні для підсилювання звуку камертонів. Це відбувається внаслідок резонансу між камертоном і стовпом повітря в ящику (резонатор або резонансний ящик).

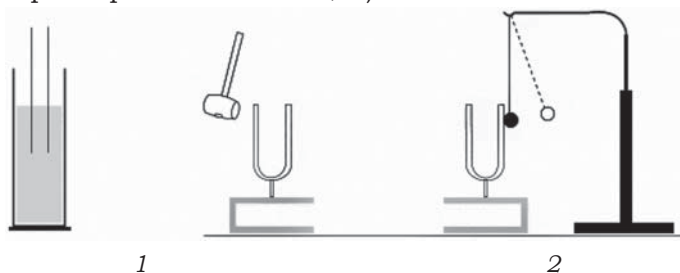


Рис. 4.1. Дослід резонансу та резонанс камертона

Вдаримо один з камертонів і потім приглушить його пальцями. Ми почуємо, як звучить другий камертон. Візьмемо два різних камертона, тобто з різною висотою тону, і повторимо дослід. Тепер кожен з камертонів уже не буде відгукуватися на звук іншого камертону.

Резонанс камертонів неважко пояснити. Коливання одного камертона 1 діють через повітря з деякою силою на другий камертон 2, змушуючи його робити вимушені коливання. Так як камертон 1 вчиняє гармонійне коливання, то й сила, що діє на камертон 2, буде змінюватися за законом гармонійного коливання з частотою камертона 1. Якщо частота сили та ж, що і власна частота камертона 2, то має місце резонанс — камертон 2 сильно розгойдується. Якщо ж частота сили інша, то вимушені коливання камертона 2 будуть настільки слабкими, що ми їх не почуємо.

Так як камертони мають не дуже велике загасання, то резонанс у них гострий. Тому вже невелика різниця між частотами камертонів призводить до того, що один перестає відгукуватися на коливання іншого. Достатньо, наприклад, приклеїти до ніжок одного з двох однакових камертонів шматочки пластиліну або воску, і камертони вже будуть засмучені, резонансу не буде. Ми бачимо, що всі

явища при вимушених коливаннях відбуваються у камертонів так само, як і в дослідах з вимушеними коливаннями вантажу на пружині.

Якщо звук являє собою ноту (періодичне коливання), але не є тоном (гармонійним коливанням), то це означає, як ми знаємо, що він складається з суми тонів: найбільш низького (основного) і обертонів. На такий звук камертон повинен резонувати кожного разу, коли частота камертона збігається з частотою якою-небудь з гармонік звуку. Дослід можна зробити зі спрощеної сиреною і камертоном, поставивши отвір резонатора камертона проти переривчастого повітряного струменя. Якщо частота камертона дорівнює 300 Гц, то він буде відгукуватися на звук сирени не тільки у 300 перериваннях у секунду (резонанс на основний тон сирени), але і в 150 перериваннях — резонанс на перший обертон сирени, і в 100 перериваннях — резонанс на другий обертон.

4.1.2. Пружні та крутильні коливання

Крутильні коливання розглянемо на прикладі маятника (рис. 4.2).

Крутильний маятник (торсіонний маятник, обертовий маятник) — це тверде тіло, закріплене на жорсткій підвісці (торсіонні), яке може здійснювати крутильні коливання під дією сил пружності деформації кручення підвіски.

На основі крутильних маятників створюють чутливі механічні прилади. Саме за допомогою крутильного маятника вивчається, наприклад, гравітаційна взаємодія масивних тіл у лабораторних умовах і перевіряється закон всесвітнього тяжіння у субміліметровому масштабі.

Крутильним маятником є баланс — деталь балансируно-го механізму механічних годинників, обертальні коливання якого визначають точність їх ходу.

У 2005 році було опубліковане повідомлення про створення крутильного маятника на одній молекулі — одностінній вуглецевій нанотрубці.

Пружні коливання розглянемо на прикладі літальних апаратів.

Пружні коливання літальних апаратів — сукупність різної природи вібрацій усього літального апарату або його частин як пружної деформованої системи (конструкції), які можуть виникнути в певних умовах для експлуатації літального апарату.

Пружні коливання виникають і підтримуються зовнішнім, стосовно пружної системи, джерелом енергії, пов'язаним із самою системою. Залежно від характеру зв'язків, виділяють основні види пружних коливань: вимушені коливання, автоколивання, параметричні коливання.

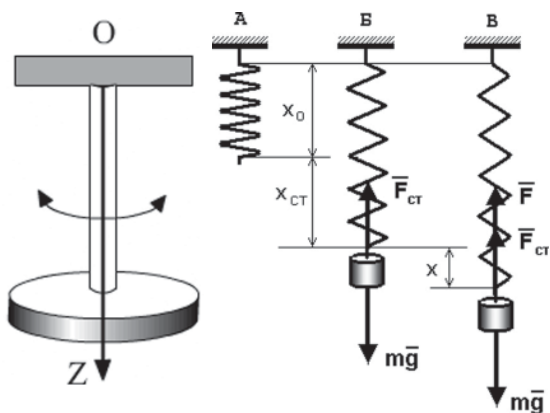


Рис. 4.2. Крутильний і пружинний маятники

Пружинний маятник — це тверде тіло, підвішене на абсолютно пружній невагомій пружині, яке під дією пружної сили може здійснювати гармонічні коливання (рис. 4.2).

Фізичний маятник — це тверде тіло довільної форми, яке під дією сили тяжіння здійснює коливання навколо нерухомої горизонтальної осі, що не проходить через центр маси тіла.

Математичний маятник — це підвішена на невагомій нерозтяжній нитці матеріальна точка, яка під дією сили тяжіння може здійснювати періодичні коливання.

Крутильний маятник — це тверде тіло, закріплене на жорсткій підвісці, яке може здійснювати крутильні коливання під дією сил пружності деформації кручення підвіски (рис. 4.2).

4.2. Звукові коливання

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (РГ). Розказати як зміниться період коливань маятника, якщо його перенести з повітря у в'язке масло?
- 2 (ПВЗ). Як зміниться період коливань маятника з залізною кулею, якщо під ним помістити електромагніт?
- 3 (ПВЗ). Як практично за допомогою математичного маятника можна здійснювати розвідку корисних копалин?
- 4 (ПВЗ). Як буде йти годинник з секундним маятником, встановленим для Києва, на полюсі й на екваторі?
- 5 (ПВЗ). Під час польоту більшість комах видають звук. Чим він викликаний?

План:

- 4.2.1. Предмет акустики.
- 4.2.2. Аналіз і синтез звука.
- 4.2.3. Шуми.

Навчально-методичні завдання:

- 1 (УЗЗ). Пояснити. Чому куля вилітає з рушниць зі свистом, а кинута рукою летить безшумно?
- 2 (ПВЗ). Чому телеграфні стовпи гудуть під час вітру?
- 3 (ПВЗ). Чи може звук надзвичайно сильного вибуху на Місяці, наприклад виверження вулкану, бути чутним на Землі?
- 4 (ПВЗ). Механіки, які перевіряють роботу двигунів автотомашини або трактора, іноді прикладають до вуха один кінець ручки молотка, а інший — до різних частин двигуна. Для чого вони це роблять?
- 5 (УЗЗ). Яким чином сприймалася б музика, якщо б низькі, високі, сильні і слабкі звуки розповсюджувалися б з різними швидкостями?
- 6 (РГ). Голос чути на великій відстані, але слів іноді розрізнити неможливо. Чим це пояснюється?
- 7 (РГ). Чи може виникнути луна в степу?
- 8 (ПВЗ). Чому у горах луна багатократна?
- 9 (ПВЗ). На відкритому просторі музика, спів звучать менш голосно, ніж у закритому просторі. Чому?

4.2.1. Предмет акустики

Акустика, у вузькому значенні слова — вчення про звук, тобто про пружні коливання та хвилі в газах, рідинах і твердих тілах, чутних людським вухом (частоти таких коливань знаходяться в діапазоні від 16 Гц до 20 кГц); у широкому сенсі — область фізики, що досліджує пружні коливання та хвилі від найнижчих частот (умовно від 0 Гц) до гранично високих частот 10^{12} – 10^{13} Гц, їхньої взаємодії з речовиною і застосування цих коливань (хвиль).

Цікавими напрямками дослідження в акустиці, на макроскопічному рівні, є: поширення звуку в рухомих середовищах; розсіяння звуку на неоднорідностях середовища і розповсюдження звуку в нерегульованих середовищах; характер макроскопічних течій в полі звукової хвилі; поведінка речовини в полі сильної ультразвукової хвилі, гравітаційні явища; генерація звуку потоком; вплив звуку та вібрацій на біологічні об'єкти.

4.2.2. Аналіз і синтез звука

За допомогою наборів акустичних резонаторів можна встановити, які тони входять до складу цього звуку і з якими амплітудами вони присутні в цьому звуці. Таке встановлення гармонійного спектру складного звуку називається його гармонійним аналізом. Раніше такий аналіз проводився за допомогою наборів резонаторів, зокрема, резонаторів Гельмгольца, що являють собою порожнисті кулі різного розміру, забезпечені відростком, які вставляються у вухо, і мають отвір з протилежного боку.

Предметом фізіологічної акустики і є сам орган слуху, його пристрій і дія.

Архітектурна акустика вивчає поширення звуку в приміщеннях, вплив на звук розмірів і форми приміщень, властивостей матеріалів, що покривають стіни й стелі (слухове сприйняття звуку).

Музична акустика досліджує музичні інструменти та умови їх найкращого звучання.

Фізична акустика займається вивченням самих звукових коливань, а за останній час охопила і коливання, що лежать за межами чутності (ультраакустика). Вона широко використовує різноманітні методи для перетворення механічних коливань в електричні і навпаки (електроакустика).

Стосовно звукових коливань, до числа завдань фізичної акустики входить з'ясування фізичних явищ, що обумовлюють ті чи інші якості звуку, які розрізняє людина на слух.

4.2.3. Шуми

Шум — це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів. Під шумом розуміють усі неприємні та небажані звуки (їх сукупність), які заважають нормально працювати, сприймати потрібні звуки, відпочивати. Шум несприятливо впливає на людину і може спричинити хворобливі наслідки: з'являються симптоми перевтоми, послаблюється увага, підвищується нервова збудливість, знижується працездатність, порушується робота шлунково-кишкового тракту.

Шум — це одна з форм фізичного (хвильового) забруднення природного середовища, адаптація до якого організму людини практично не можлива.

Органи слуху людини сприймають звукові коливання в інтервалі частот від 16 до 20 000 Гц. Але деякі зі звуків не сприймаються органами слуху людини: коливання з частотою нижче 16 Гц — інфразвуки, з частотою вище 20 000 Гц — ультразвуки.

Мінімальна інтенсивність звуку, яку людина відчуває, називається порогом чутливості.

Згідно з санітарними нормами, гігієнічна оцінка шуму класифікується за двома принципами: характером спектру; часовими характеристиками.

За характером спектру шуми поділяються на: ширококутові, з безперервним спектром шириною більше однієї октави; тональні, у спектрі яких є виражені дискретні тони.

Тональний шум має спектр тони якого мають значні інтервали в одній смузі над іншою понад 10 дБ (робота дискових пил).

За часовими характеристиками шуми підрозділяють на: постійні, рівень звуку яких за 8-годинний робочий день змінюється в часі не більше ніж на 5 дБ (А); непостійні, рівень звуку яких за 8-годинний робочий день змінюється в часі понад 5 дБ (А).

Непостійні шуми, в свою чергу, розподіляються на такі, що: постійно змінюються в часі (нестійкі, хиткі); переривчасті, рівень звуку яких лишається постійним, складає ще більше; імпульсні, що мають один або декілька звукових сигналів, тривалістю менше 1 с.

За характером змін, що відбуваються в часі, шуми бувають стабільними і нестабільними.

4.3. Електричні коливання

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

1 (ПВЗ). Як зміниться період коливань маятника, якщо його перенести з повітря у в'язке масло?

2 (ПВЗ). Як зміниться період коливань маятника зі залізною кулею, якщо під ним помістити електромагніт?

3 (УЗЗ). Як практично, за допомогою математичного маятника можна здійснювати розвідку корисних копалин?

4 (ПВЗ). Як буде йти годинник з секундним маятником, встановленим для Києва, на полюсі та на екваторі?

5 (П). Чи збережеться період коливань годинника-ходиків, якщо їх із Землі перенести на Місяць?

План:

4.3.1. Методи спостереження.

4.3.2. Аналогія з механічними коливаннями.

Навчально-методичні завдання:

1 (ПВЗ). Як зміниться частота електромагнітних коливань у закритому коливальному контурі, якщо в його котушку увести залізний стрижень? Якщо збільшити відстань між пластинами конденсатора?

2 (ПВЗ). Чи можуть у контурі, який складається з конденсатора та активного опору виникати вільні коливання?

3 (ПВЗ). Чому під час короткохвильового зв'язку отримуються "зони мовчання"?

4 (ПВЗ). Чому завмирає або зовсім припиняється прийом у автомобілях про проїзді їх під мостом або у тунелі?

5 (ПВЗ). Для чого посрібнюють дріт, який іде на виготовлення короткохвильових і ультракороткохвильових контурних котушок?

6 (ПВЗ). Яка причина перешкод радіоприйому від трамваю, який проходить поблизу?

7 (ПВЗ). Продовжити. «Коливання сили струму випереджають за фазою на $\pi/2$ коливання заряду й напруги, тобто коли сила струму досягає максимального значення, заряд і напруга перетворюються...».

4.3.1. Методи спостереження

Ми не можемо безпосередньо сприймати електричні коливання подібно до того, як ми бачимо коливання маятника і чуємо коливання камертона. Але і електрично заряджені тіла, і провідники, у яких тече електричний струм, взаємодіють між собою з деякими силами. На вимірюванні цих сил засноване вимірювання самих електричних величин: зарядів, струмів, напруг тощо. Завдяки цим силам виникає механічний рух в електродвигунах. За допомогою цих же (електростатичних і електродинамічних) сил можна різними способами перетворити електричні коливання в механічні.

Один з таких способів полягає у використанні сили тяжіння електромагніту і застосовується, зокрема, у телефоні та в електромагнітному гучномовці. На *рис. 4.3* схематично показано пристрій телефону. Струм пропускається обмоткою електромагніту, полюси якого розташовані посередині мембрани — округлої залізної пластинки, затиснутою на краях. Під час колювань струму — коливається сила тяжіння, що діє на мембрану; результатом є вимушені коливання мембрани.

Якщо сердечник електромагніта не має постійного намагнічення, тобто притягує мембрану тільки тоді, коли у обмотці тече струм, то телефон буде сильно спотворювати звук. Мембрана буде притягатися до сердечника у будь-якому напрямку струму в обмотці, і, отже, період сили, що діє на мембрану, буде вдвічі коротше періоду змінного струму в обмотці. Щоб цього уникнути, застосовують електромагніти з постійно намагніченим сердечником. У цьому випадку сила тяжіння мембрани в одному напрямку струму в обмотці буде більше, ніж у відсутність струму, а у протилежному напрямку — менше. Таким чином, період притягувальної сили тепер буде той же, що і період струму. Звичайно, і в цих умовах перетворення електричних коливань у механічні не вільне від спотворень: форма коливань мембрани повторює форму коливань сили струму не цілком точно. Однак можливість практичного використання таких електроакустичних приладів (телефону, гучномовця) на тому і засновані, що викривлення можуть бути зроблені досить малими.

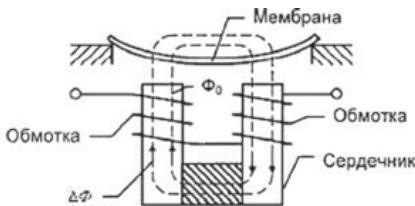


Рис. 4.3. Схематичний пристрій телефону

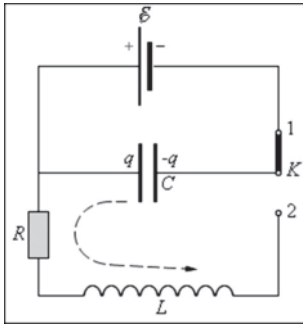


Рис. 4.4. Електричні коливання

1 (ПВЗ). Чому суфлерську будку оббивають повстю?

2 (УЗЗ). Для боротьби з вуличним шумом у стіни висотних будівель вмонтовують асбестоцементний пористий матеріал. Чому це зменшує проникнення звуку в будівлі?

4.3.2. Аналогія з механічними коливаннями

Електричні коливання в контурі мають схожість з вільними коливаннями в механіці (наприклад у пружині, рис. 4.5). Схожими являються і самі процеси періодичної зміни величин: координати, швидкості — заряду, сили струму (рис. 4.4). Однаковий характер зміни величин у механіці та в електродинаміці пояснюється тим, що маєється аналогія в умовах, які породжують механічні та електричні коливання (рис. 4.4-4.6).

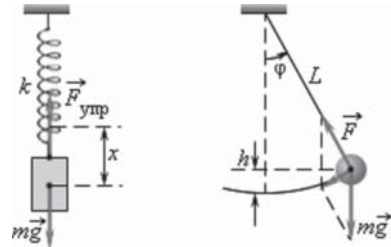


Рис. 4.5. Механічні коливання

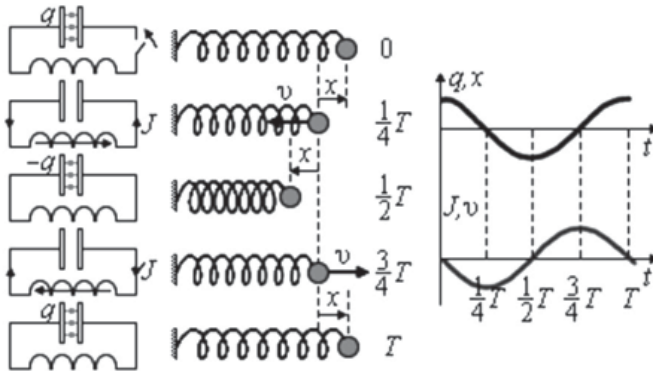


Рис. 4.6. Аналогія між електричними та механічними коливаннями

Дайте відповіді на питання (рівень повного володіння знаннями):

1. Чому неповний чайник перед закипанням води “шумить” сильніше, ніж повний?
2. Камертон, який коливається, у руці звучить тихо, а якщо поставити його на стіл, то голосно. Пояснити явище.
3. Якщо камертон, який коливається, поставити на дерев'яний ящик, звук помітно посилиться. Чому?
4. Чому телеграфні стовпи гудуть під час вітру?
5. Чому у горах луна багатократна?
6. На відкритому просторі музика, спів, промова оратора звучать менш голосно, ніж у закритому просторі. Чому?
7. Чому у кімнаті звичайних розмірів луна не спостерігається?

4.4. Хвильові явища

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

1 (ПВЗ). Як буде змінюватися хід маятникового годинника у жаркі літні дні у порівнянні з холодними зимовими днями, якщо годинник знаходиться у неутепленому приміщенні, а стрижень маятника металевий?

2 (УЗЗ). Куди треба пересунути вантаж маятника коли відбувається відставання годинника?

3 (УЗЗ). У відрі несуть воду. Після того, як зроблено близько десятка кроків, вода починає виплюхуватися. Чому?

4 (УЗЗ). Якщо у відро з водою покласти дерев'яний кружок, то вода при ходьбі не буде розплюхуватися. Чому?

5 (УЗЗ). Для чого всі віброуючі установки у висотних будівлях (електродвигуни, дизельні установки тощо) ставляться на спеціальні гумові або металеві амортизатори?

План:

4.4.1. Повздовжні хвилі у стовпі повітря.

4.4.2. Хвилі на поверхні рідини.

4.4.3. Перенесення енергії хвилями.

Навчально-методичні завдання:

1 (ПВЗ). Розказати про загальні властивості хвиль.

2 (УЗЗ). Скласти план конспект уроку на задану тематику для учнів старших класів.

3 (УЗЗ). Запропонувати методичні рекомендації для розв'язування фізичних задач на тему хвильових явищ.

4 (УЗЗ). Підготувати комп'ютерну презентацію на тему «Механічні хвилі та їх використання у навколишньому середовищі».

5 (УЗЗ). Сконструювати демонстраційний прилад для демонстрації різних видів хвиль.

6 (УЗЗ). Написати і проголосити доповідь за тематикою історії виникнення напрямленого випромінювання.

7 (УЗЗ). Підготувати доповідь або евристичну бесіду на тему про вчених, які вивчали хвильові явища. Проголосіть її тривалістю до 10 хвилин.

8 (УЗЗ). Написати наукову статтю на інтегровану тематику «Фізика і музикальні інструменти. Струнні інструменти».

4.4.1. Поздовжні хвилі у стовпі повітря

Візьмемо тіло подовженої форми — стовп повітря у трубі. Уздовж труби може рухатися поршень. Змусимо цей поршень робити гармонійне коливання.

Кожна ділянка тіла (шар повітря) має масу, а всякий стиск повітря створює надлишок тиску. Отже, у стовпі повітря утвориться пружна хвиля, що буде бігти від поршня. Однак тепер частинки повітря коливаються в тім же напрямку що й поршень, тобто вздовж напрямку поширення хвилі. Такі хвилі називаються поздовжніми (довгими).

Якщо довжина довгої хвилі дорівнює відстані між двома сусідніми горбами синусоїди, то в цьому випадку довжина дорівнює відстані між серединами двох сусідніх ущільнень (або розряджень). Швидкість поширення поздовжньої хвилі перераховується за тієїж формулою, що й для поперечної хвилі. Це не означає, що швидкість поширення в середовищі обох видів хвиль у тілі однакова. Навпаки, у всякому середовищі швидкість поздовжніх хвиль більше, ніж поперечних хвиль і, отже, за того самого періоду довжина поздовжньої хвилі більше чим поперечної.

Говорячи “у всякому середовищі”, треба зробити застереження: у всякому твердому середовищі. Справа в тому, що пружні поперечні хвилі можуть поширюватися тільки у твердих тілах, у той час як поздовжні хвилі можуть поширюватися й у рідинах, і у газах. Таким чином, порівнювати швидкість поширення обох видів хвиль можна тільки у твердих тілах.

Це пояснюється тим, що в поперечній хвилі відбувається зрушення прошарків. Але пружні сили при зрушенні виникають тільки у твердих тілах. У рідинах і газах прошарки вільно ковзають між собою, без появи протидіючих пружних сил, якщо немає пружних сил, то й утворення пружних хвиль неможливо.

Завдяки цій властивості було визначено, що центр Землі рідкий тому що він не проводить поперечних хвиль.

Прикладом поздовжніх хвиль є звукові хвилі.

4.4.2. Хвилі на поверхні рідини

Існують хвилі, утворення яких обумовлено силою ваги. Хвилі, що поширюються поверхнею рідини, не є ні поздовжніми ні поперечними: рух частинок рідини більше складний.

Якщо в якої-небудь краплі поверхня рідини опустила-ся (наприклад, у результаті дотику твердим предметом), то

під дією сили ваги рідина почне збігати вниз, заповнюючи центральну ямку й утворюючи навколо неї кільцеве поглиблення. На зовнішньому краї цього поглиблення увесь час триває збігання частинок рідини вниз, і діаметр кільця росте. Але на внутрішньому краї кільця частки завжди “зринають” наверх, так що утвориться кільцевий гребінь. За ним знову виходить западина, і т.п. При опусканні вниз частинки рідини рухаються, крім того, назад, а при підйомі наверх — вони рухаються вперед. Таким чином, кожна частинка не просто коливається в поперечному (вертикальному) або поздовжньому (горизонтальному) напрямку, а, як виявляється, описує коло.

В утворенні поверхневих хвиль відіграє роль не тільки сила ваги, але й сила поверхневого натягу, що, як і сила ваги, прагне вирівняти поверхню рідини. В процесі проходження хвилі у кожній точці поверхні рідини відбувається деформація цієї поверхні й, отже, енергія поверхневого натягу. Роль поверхневого натягу буде за даної амплітуди тим більше, чим більше скривлена поверхня, тобто чим коротше довжина хвилі. Тому для довгих хвиль (низьких частот) основний є сила ваги, але для досить коротких хвиль (низьких частот) на перший план виступає сила поверхневого натягу. Границя між “довгими” і “короткими” хвилями залежить від щільності рідини й поверхневого натягу. У води ця границя відповідає хвилям, довжина яких близько 1 дм, тобто для більш коротких хвиль (капілярні хвилі) переважають сили поверхневого натягу, а для більше довгих — сила ваги.

Незважаючи на складний “повздовжно-поперечний” характер поверхневих хвиль, вони підкоряються закономірностям, загальним для всякого хвильового процесу.

Ударяючи кінцем дроту по поверхні води, ми змусимо бігти по воді систему кільцевих гребенів і западин. Відстань між сусідніми гребенями й западинами, тобто довжина хвилі, пов’язана з періодом ударів T відомою формулою.

Якщо вдаряти ребром лінійки, паралельно поверхні води, то можна створити хвилю, що має форму не концентричних кілець, а паралельних один одному прямолінійних гребенів і западин. У цьому випадку перед частиною лінійки ми маємо один-єдиний напрямок поширення.

Кільцеві й прямолінійні хвилі на поверхні дають уявлення про сферичні й плоскі хвилі в просторі. Невелике джерело звуку, що випромінює рівномірно в усі сторони, створює навколо

себе сферичну хвилю, в якій стиски й розрідження повітря розташовані у вигляді концентричних кульових прошарків.

4.4.3. Перенесення енергії хвилями

Поширення коливань у середовищі називають хвильовим процесом. Важливо зазначити, що поширення хвиль не супроводжується перенесенням частинок середовища, вони лише коливаються навколо положень рівноваги. Проте з хвилею переноситься енергія, яка поширюється у просторі від джерела коливань. Поширення хвиль не супроводжується перенесенням частинок середовища.

Існує кілька визначень поняття хвилі: хвиля — зміна стану середовища (збурення), яке поширюється в просторі й переносить енергію; хвиля — процес розповсюдження коливань у будь-якому середовищі чи вакуумі.

Хвильовий процес — процес передачі коливань.

Поняття «хвиля» широко використовується в повсякденному житті та в багатьох розділах природознавства. Це зумовлено тим, що в процесах розповсюдження збурень в різних середовищах і у вакуумі є багато спільних рис. Хвилі можна, наприклад, утворити на поверхні води або на довгій мотузці. Поширення хвиль не супроводжується перенесенням частинок середовища, вони коливаються тільки біля свого положення рівноваги.

У загальному випадку хвилі не обов'язково пов'язані з наявністю речовини. Електромагнітні хвилі у вакуумі є взаємозалежними змінами електричних і магнітних полів, а гравітаційні хвилі є змінами геометрії простору-часу. У таких речовинах, як рідини, гази та тверді пружні тіла поширення збурень супроводжується специфічним рухом частинок середовища. Цей рух забезпечує передачу в просторі збурень без переносу речовини. У розгляді електромагнітних хвиль слід мати на увазі корпускулярно-хвильовий дуалізм їх природи. Згідно з корпускулярно-хвильовим дуалізмом, що є основою квантової механіки, будь-яка частинка має хвильові властивості, а хвилі випромінюються й поглинаються скінченними порціями — квантами. Однак, багато фундаментальних понять для опису хвильових процесів є спільними для всіх типів хвиль. У зв'язку з цим, теорія хвиль сформулювалася як розділ сучасної фізики, пов'язаний з вивченням властивостей хвиль незалежно від їх фізичної природи.

4.5. Електромагнітні хвилі

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

1 (ПВЗ). Якщо двигун увімкнений і струм іде лише через лампи вагону трамваю, то іскри, які проскакують між дугою і повітряним дротом, значно зменшуються. Чому?

2 (ПВЗ). У який момент іскрить рубильник: під час замикання чи розмикання? Якщо паралельно йому увімкнути конденсатор, то іскріння припиняється. Пояснити явище.

3 (ПВЗ). Число витків у трьох обмотках, а також довжина дроту в них однакова. Який з цих провідників має найбільшу і найменшу індуктивність?

4 (УЗЗ). Первинна котушка трансформатора під'єднана до генератора струму, вторинна котушка розімкнута. Чи споживається енергія трансформатором?

5 (ПВЗ). Чому навантажений трансформатор гуде? Яка частота звуку трансформатора увімкненого до мережі промислової частоти?

План:

4.5.1. Досліди Герца і Лебедева.

4.5.2. Електромагнітна теорія світла.

Навчально-методичні завдання:

1 (ПВЗ). Розказати про загальні властивості електромагнітних хвиль.

2 (ПВЗ). Продовжити: «Провівши багато дослідів, Герц прийшов до висновку про існування електромагнітних хвиль, які поширюються з кінцевою швидкістю. Він також зазначив, що електромагнітні хвилі поводять себе подібно до інших видів хвиль та обчислив на досліді швидкість електромагнітної хвилі, яка виявилася рівною швидкості світла (три помножити на десять у восьмій степені метрів на секунду)...».

3 (УЗЗ). Скласти план-конспект уроку фізики на тему «Електромагнітні хвилі» для 11 класу.

4 (УЗЗ). Провести евристичну бесіду на задану тематику, використовуючи мультимедійні засоби навчання.

5 (П). Довести, що електромагнітні хвилі — поперечні.

6 (П). Пояснити класичний фізичний парадокс «Демон Лапласа».

Демон Лапласа — уявний експеримент, запропонований 1814 року французьким математиком П'єр-Симоном Лапласом, а також головний персонаж цього експеримен-

ту — вигадана розумна істота, здатна, сприйнявши в будь-який даний момент часу положення та швидкість кожної частинки Всесвіту, дізнаватися її еволюцію як в майбутньому, так і в минулому. Лаплас придумав цю істоту для наочної демонстрації ступеня нашої необізнаності і необхідності в статистичному описі деяких реальних процесів у навколишньому світі.

Проблематика демона Лапласа пов'язана не з питанням про те, чи можливе детерміністичне пророкування ходу подій у дійсності, на практиці, а в тому, чи можливе воно в принципі, теоретично. Саме така можливість укладена в механістичному описі з його характерним дуалізмом, заснованим на динамічному законі і початкових умовах. Те, що розвитком динамічної системи керує детерміністичний закон (хоча на практиці наше незнання початкових станів виключає будь-яку можливість детерміністичних пророкувань), дозволяє «відрізнити» об'єктивну істину про систему, якою вона представлялася б демонові Лапласа, від емпіричних обмежень, викликаних нашим незнанням.

У контексті класичної динаміки детерміністичний опис може бути недосяжним на практиці, проте він залишається межею, до якої повинна сходитися послідовність все точніших описів.

Лаплас був твердим прихильником каузального детермінізму, суть якого можна виразити таким уривком з *Essai philosophique sur les probabilités*: «Ми можемо розглядати даний стан Всесвіту як наслідок його минулого і причину його майбутнього. Розум, якому в кожний певний момент часу були б відомі всі сили, що приводять природу в рух і положення всіх тіл, з яких вона складається, будь він також досить великий, щоб піддати ці дані аналізу, зміг би досягнути єдиним законом рух найбільших тіл Всесвіту і найдрібнішого атома; для такого розуму нічого не було б незрозумілого і майбутнє існувало б у його очах точно так само, як минуле».

Такий розум часто називають демоном Лапласа. Варто відзначити, однак, що опис гіпотетичного розуму як демона належить не Лапласу, а його пізнім біографам: Лаплас бачив себе вченим, і вважаючи, що людство може досягти кращого наукового розуміння світу, він усвідомлював, що у разі, якщо таке відбудеться, потрібні величезні обчислювальні потужності, щоб здійснити такі розрахунки в один певний момент.

4.5.1. Досліди Герца і Лебедева

У роботі 1884 р. Герц показує, що максвеллівська електродинаміка має переваги по відношенню до звичайної, але вважає недоведеною те, що вона є єдино можливою. Надалі Герц, однак, зупинився на компромісній теорії Гельмгольца. Гельмгольц взяв у Максвелла та Фарадея визнання ролі середовища в електромагнітних процесах, але на відміну від Максвелла вважав, що дія незамкнених струмів повинно бути відмінно від дії замкнених струмів. Це питання вивчав у лабораторії Гельмгольца М.М. Шиллер у 1876 році. Шиллер не виявив відмінності між замкнутими і незамкнутими струмами, як то і повинно було бути за теорією Максвелла!

Але, мабуть, Гельмгольц не задовольнився цим і запропонував Герцу знову зайнятися перевіркою теорії Максвелла. Підрахунки Герца показали, що очікуваний ефект навіть при найбільш сприятливих умовах буде занадто малий, і він «відмовився від розробки завдання». Однак з того часу він не переставав думати про можливі розв'язки і його увага «була загострена щодо всього, що пов'язане з електричними коливаннями». До початку досліджень Герца електричні коливання були вивчені і теоретично, і експериментально. Герц, з його загостреною увагою до цього питання, працюючи у вищій технічній школі в Карлсруе, знайшов у фізичному кабінеті пару індукційних котушок, що призначалися для лекційних демонстрацій. «Мене вразило, — писав він, — що для отримання іскри в одній обмотці не було необхідності розряджати великі батареї через іншу і, більше того, що для цього достатні невеликі лейденський банки і навіть розряди невеликого індукційного апарату, якщо тільки розряд пробивав іскровий проміжок». Експериментуючи з цими котушками, Герц прийшов до ідеї свого першого досліду.

Експериментальну установку і самі досліди Герц описав в опублікованій у 1887 році статті «Про дуже швидкі електричні коливання». Герц описує тут спосіб генерації коливань, «приблизно в сто разів швидше спостережених Феддерсеном». У роботі «Про дії струму» Герц перейшов до вивчення явищ на більш далекій відстані, працюючи в аудиторії довжиною 14 метрів і шириною 12 метрів. Він виявив, що якщо відстань приймача від вібратора менше одного метра, то характер розподілу електричної сили аналогічний полю диполя і спадає пропорційно кубу відстані. Однак на відстанях, що перевищують три метри, поле спа-

дає значно повільніше і неоднаково в різних напрямках. У напрямку осі вібратора дія поля спадає значно швидше, ніж у напрямку, перпендикулярному осі, і ледь помітно на відстані чотирьох метрів, тоді як у перпендикулярному напрямку воно досягає відстаней більше дванадцяти метрів.

Цей результат суперечить всім законам теорії дальності. Герц продовжував дослідження в хвильовій зоні вібратора, поле якого він розрахував теоретично пізніше. У багатьох наступних роботах Герц незаперечно довів існування електромагнітних хвиль, що розповсюджуються з кінцевою швидкістю. «Результати дослідів, поставлених мною з надшвидкими електричними коливаннями, — писав Герц у своїй восьмій статті 1888 року, — показали мені, що теорія Максвелла має перевагу перед усіма іншими теоріями електродинаміки».

У 1889 році на 62-му з'їзді німецьких природознавців і лікарів Герц прочитав доповідь «Про співвідношення між світлом і електрикою». Тут він підводить підсумки своїх дослідів у таких словах: «Всі ці досліди дуже прості в принципі, але, тим не менш, вони тягнуть за собою найважливіші слідства. Вони руйнують будь-яку теорію, яка вважає, що електричні сили перестрибують простір миттєво. Вони означають блискучу перемогу теорії Максвелла... Наскільки малоймовірним здавалося раніше її погляд на сутність світла, настільки важко тепер не розділити цей погляд».

У 1890 році Герц опублікував дві статті: «Про основні рівняннях електродинаміки в тілах, які знаходяться в спокійному стані» і «Про основні рівняннях електродинаміки для рухомих тіл». Ці статті містили дослідження про поширення «променів електричної сили» і, по суті, давали канонічний виклад максвеллівської теорії електричного поля, яке увійшло з того часу в навчальну літературу.

Досліди Герца викликали величезний резонанс. Особливу увагу привернули досліди, описані в роботі «Про промені електричної сили».

Серед численних повторень дослідів Герца особливе місце займають досліди російського фізика П.М. Лебедева, опубліковані в 1895 році, першому році після смерті Герца.

У 1891 р. вийшла його праця «Про відштовхуючу силу випромінюючих тіл», у якій показано універсальну роль механічної дії випромінювання як для космічних процесів, так і молекулярних взаємодій і, зокрема, вперше кількісно обґрунтовано ідею про вирішальне значення світлового тиску в утворенні кометних хвостів.

У наступній праці «Експериментальне дослідження пондеромоторної дії хвиль на резонатори», яка вийшла у вигляді трьох статей (1894 р., 1896 і 1897 рр.), він описав дослідження електромагнітних, гідродинамічних і акустичних резонаторів. Автор встановив загальні закони взаємодії осциляторів при відстанях, менших за довжину хвиль для коливань різної фізичної природи. У дослідях з акустичними резонаторами, розміщеними на відстані, більшій за довжину хвилі, П.М. Лебедев дістав інший результат: за умови всіх різниць частот, діяли тільки відштовхуючі сили, що досягали максимуму під час виникнення резонансу. Встановивши аналогію відштовхувальних сил із силами світлового тиску, він обчислив силу тиску плоскої електромагнітної хвилі на осцилятор. Ці досліді П.М. Лебедева принесли йому світову славу й навечно вписали його ім'я в історію експериментальної фізики. У 1904 р. Російська Академія наук одногосно присудила йому свою премію за ці досліді.

У 1907 р. П.М. Лебедев зробив повідомлення на Першому Менделєєвському з'їзді про відкриття ним тиску світла на гази, акцентувавши увагу на значенні цього відкриття для проблем астрофізики. У 1910 р. його праця «Сила тиску світла на гази» була одночасно опублікована в багатьох наукових журналах. Розглядувані праці П.М. Лебедева в галузі світлового тиску мали величезне значення як для ствердження електромагнітної теорії Максвелла, так і для термодинаміки випромінювання, оскільки вичерпали проблему експериментального обґрунтування цієї галузі термодинаміки. Досліді повністю підтвердили правильність основного положення діалектичного матеріалізму — про матеріальність світу. Їх важливим науковим результатом було експериментальне доведення наявності механічного імпульсу в світлового променя, завдяки чому було встановлено спільність важливих властивостей двох форм існування матерії: речовини і світла.

4.5.2. Електромагнітна теорія світла

У середині ХІХ ст. встановлено чимало фактів, що вказують на зв'язок електричних і магнітних явищ з оптичними.

Англійський фізик М. Фарадей установив зв'язок електрики й магнетизму, а 1845 р. відкрив обертання площини поляризації в магнітному полі. Розвиваючи уявлення А. Ампера і М. Фарадея про взаємозв'язок електричних і магнітних явищ, Дж. Максвелл відкрив електромагнітне поле і встановив основні закони для процесів, що відбува-

ються в змінних електричних і магнітних полях у вільному просторі. Найважливішим висновком теорії електромагнітного поля, розробленої Дж. Максвеллом у 1860-1865 рр., є те, що у вільному просторі можуть поширюватись електромагнітні хвилі, швидкість яких дорівнює швидкості світла. На основі цього Дж. Максвелл створив електромагнітну теорію світла, згідно з якою, світло — це електромагнітні хвилі дуже короткої довжини. Через 23 роки, 1888 р., німецький фізик Г. Герц експериментально одержав електромагнітні хвилі у вільному просторі, а російський фізик О.С. Попов (1859-1906) використав ці хвилі для здійснення бездротового телеграфу.

Якщо в просторі змінюється електричне поле, то внаслідок індукції воно спричинює в цій області простору і прилеглих до нього областях змінне магнітне поле. Змінне магнітне поле, у свою чергу, породжує змінне електричне поле і т. п. Сукупність таких змінних електричних і магнітних полів створює електромагнітне поле. Виникнувши в певному місці, змінне електромагнітне поле передається від однієї точки простору до іншої з певною швидкістю. Цей процес поширення змінного електромагнітного поля в просторі називають електромагнітною хвилею.

Напрямок векторів напруженості електричного і магнітного полів, а також напрям поширення електромагнітних хвиль взаємно перпендикулярні. Отже, електромагнітні хвилі — поперечні (рис. 4.7).

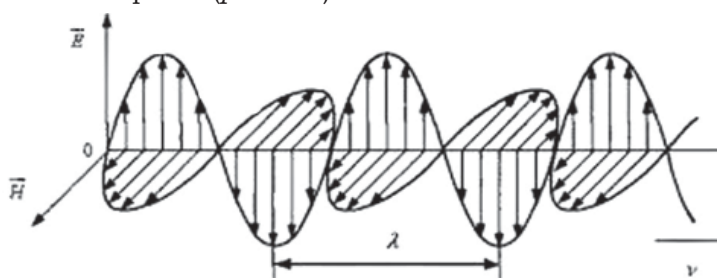


Рис. 4.7. Електромагнітні хвилі

Аналізуючи закон електромагнітної індукції М. Фарадея, Дж. Максвелл висунув гіпотезу, що змінне в часі магнітне поле породжує вихрове електричне, тобто силові лінії електричного поля замкнені й охоплюють силові лінії магнітного поля. Щоб формально узгодити свою теорію із законом збереження заряду, Дж. Максвеллу довелося припустити, що не тільки змінне в часі магнітне поле породжує вихрове

електричне, а й навпаки: змінне в часі електричне поле породжує вихрове магнітне поле.

Точний запис сформульованого закону містить додаткове припущення про так званий струм зміщення, який Дж. Максвелл визначив як (локальну) похідну за часом від вектора електричної індукції. Цю гіпотезу покладено в основу одного з рівнянь Максвелла, що цілком узгоджується з експериментом.

Отже, за Максвеллом, змінне в часі електричне й магнітне поля породжують одне одного, і цей процес може поширюватися від точки до точки в просторі, збуджуючи електромагнітні хвилі.

Основою теорії є рівняння Максвелла. У вченні про електромагнетизм ці рівняння відіграють таку саму роль, як і закони Ньютона в механіці або основні закони (принципи) в термодинаміці. Рівнянням Максвелла підлягає поширення електромагнітних хвиль.

4.6. Завдання для самоконтролю

- 1 (РГ). Як зміниться період коливань маятника, якщо його перенести з повітря у в'язке масло?
- 2 (РГ). Як зміниться період коливань маятника з залізною кулею, якщо під ним помістити електромагніт?
- 3 (УЗЗ). Як практично за допомогою математичного маятника можна здійснювати розвідку корисних копалин?
- 4 (ПВЗ). Як буде йти годинник з секундним маятником, встановленим для Києва, на полюсі та на екваторі?
- 5 (П). Чи збережеться період коливань годинника-ходиків, якщо їх з Землі перенести на Місяць?
- 6 (ПВЗ). Як буде змінюватися хід маятникового годинника у жаркі літні дні у порівнянні з холодними зимовими днями, якщо годинник знаходиться у неутепленому приміщенні, а стрижень маятника металевий?
- 7 (УЗЗ). Куди треба пересунути вантаж маятника при відставанні годинника?
- 8 (УЗЗ). У відрі несуть воду. Після того, як зроблено близько десятка кроків, вода починає виплюхуватися. Чому?
- 9 (УЗЗ). Якщо у відро з водою покласти дерев'яний кружок, то вода при ходьбі не буде розплюхуватися. Чому?
- 10 (УЗЗ). Для чого всі віброуючі установки у висотних будовах (електродвигуни, дизельні установки тощо) ставляться на спеціальні гумові або металеві амортизатори?
- 11 (ПВЗ). Під час польоту більшість комах видають звук. Чим він викликаний?
- 12 (ПВЗ). Якщо провести вологим пальцем уздовж скла, то виникає звук. Чому?
- 13 (УЗЗ). Чому при перевірці коліс вагонів під час зупинки поїзда їх обстукують молотком?
- 14 (ПВЗ). Для чого продавець, продаючи покупцеві фаянсовий або скляний посуд, легенько постукує по ньому?
- 15 (ПВЗ). Для чого смичок для гри на скрипці натирають каніфоллю?
- 16 (ПВЗ). Висота звуку циркулярної пилки знижується, коли до неї притискають дошку. Чому?
- 17 (ПВЗ). Досвідчені шофери оцінюють тиск повітря у балоні колеса автомашини за звуком, який виходить при ударі по балону металевим предметом. Як залежить звук, який виходить від балону, від тиску в ньому?
- 18 (УЗЗ). Хто в польоті швидше махає крилами — муха, джміль або комар? Як це можна визначити?

- 19 (УЗЗ). У пляшку наливають воду. Цівка води видає шум, у якому можна вловити певний тон. У процесі заповнення пляшки водою цей тон стає вищим. Поясніть явище.
- 20 (ПВЗ). Чому звук з часом вщухає?
- 21 (ПВЗ). Чи може звук надзвичайно сильного вибуху на Місяці, наприклад виверження вулкану, бути чутним на Землі?
- 22 (ПВЗ). Механіки, які перевіряють роботу двигунів автомашини або трактора, іноді прикладають до вуха один кінець ручки молотка, а інший — до різних частин двигуна. Для чого вони це роблять?
- 23 (УЗЗ). Яким чином сприймалася б музика, якщо б низькі, високі, сильні і слабкі звуки розповсюджувалися б з різними швидкостями?
- 24 (ПВЗ). Чому куля вилітає з рушниць зі свистом, а кинута рукою летить безшумно?
- 25 (УЗЗ). Голос чути на великій відстані, але слів іноді розрізнити неможливо. Чим це пояснюється?
- 26 (ПВЗ). Чи може виникнути луна у степу?
- 27 (ПВЗ). Чому у горах луна багатократна?
- 28 (ПВЗ). На відкритому просторі музика, спів, промова оратора звучать менш голосно, ніж у закритому просторі. Чому?
- 29 (ПВЗ). Чому у кімнаті звичайних розмірів луна не спостерігається?
- 30 (ПВЗ). Чому суфлерську будку оббивають повстю?
- 31 (УЗЗ). Для боротьби з вуличним шумом у стіни висотних будівель вмонтовують асбестоцементний пористий матеріал. Чому це зменшує проникнення звуку у будівлі?
- 32 (УЗЗ). Чому за умови туману гудки паровозів, пароплавів чути на більш далекій відстані, ніж за сонячної погоди?
- 33 (УЗЗ). Коли прислухаються до віддаленого шуму, то мимоволі відкривають рота. Чому?
- 34 (УЗЗ). Якщо чашку, склянку або мушлю морського молюска наблизити до вуха, то чути звук, який віддалено нагадує шум моря. Чим пояснюється виникнення цього звуку?
- 35 (ПВЗ). Чому неповний чайник перед закипанням води “шумить” сильніше, ніж повний?
- 36 (УЗЗ). Камертон, який коливається, у руці звучить тихо, а якщо поставити його на стіл, то голосно. Поясніть явище.

- 37 (УЗЗ). Якщо камертон, який коливається, поставити на дерев'яний ящик, звук помітно посилиться. Чому?
- 38 (ПВЗ). Чому телеграфні стовпи гудуть під час вітру?
- 39 (УЗЗ). Як зміниться частота електромагнітних коливань у закритому коливальному контурі, якщо у його котушку ввести залізний стрижень? Якщо збільшити відстань між пластинами конденсатора?
- 40 (ПВЗ). Чи можуть у контурі, який складається з конденсатора і активного опору виникати вільні коливання?
- 41 (УЗЗ). Чому за короткохвильового зв'язку отримуються "зони мовчання"?
- 42 (УЗЗ). Чому завмирає або зовсім припиняється прийом у автомобілях проїзді їх під мостом або вздовж тунелю?
- 43 (ПВЗ). Для чого посрібнюють дріт, який іде на виготовлення короткохвильових і ультракороткохвильових контурних котушок?
- 44 (УЗЗ). Яка причина перешкод радіоприйому від трамваю, який проходить поблизу?

Розділ 5

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ОСНОВАМ ОПТИКИ

5.1. Геометрична оптика

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

1 (УЗЗ). Кут між дзеркалом і падаючим на нього променем становить 30° . Чому дорівнює кут відбивання променя? (Накреслити рисунок).

2 (П). Довести, що відношення висоти предмета до висоти його зображення у ввігнутому дзеркалі дорівнює відношенню їх відстаней до дзеркала.

3 (ПВЗ). Позірна глибина водойми — 3 м. Визначити дійсну глибину водойми. Показник заломлення води дорівнює 1,33.

4 (УЗЗ). Як зміниться відстань між предметом і його зображенням у плоскому дзеркалі, якщо дзеркало перемістити в те місце, де було зображення?

5 (ПВЗ). Кут між падаючим та відбитим променем становить 70° . Чому дорівнює кут падіння променя.

План:

5.1.1. Історія оптики.

5.1.2. «Нічна труба» Ломоносова.

5.1.3. Зір двома очима та сприйняття глибини.

Навчально-методичні завдання:

1 (ПВЗ). Дайте пояснення:

1. За яких умов прозорий предмет дає тінь без напівтіні?

2. Під час хірургічних операцій тінь від рук хірурга закриває операційне поле. Як уникнути такої незручності?

3. Що більше — хмара чи її повна тінь?

4. Чи може людина бігти швидше за свою тінь?

5. За якого кута падіння відбиті і промені, які падають будуть складати прямий кут? кут 60° ? співпадати?

6. Промінь падає на дзеркало перпендикулярно. На який кут відхилиться відбитий промінь від кута, який падає, якщо дзеркало повернути на кут α ?

7. Чи можна у воді глибокої криниці побачити відображення Сонця?

8. Для чого у вагонах трамваїв, тролейбусах і автобусах праворуч і ліворуч водія розташовані невеликі дзеркала?

5.1.1. Історія оптики

Оптика — вчення про природу світла, світлові явища і взаємодію світла з речовиною. І майже вся її історія — це історія пошуку відповіді: що таке світло?

Одна з перших теорій світла — теорія зорових променів — була висунута грецьким філософом Платоном близько 400 р. до н. е. Дана теорія припускала, що з ока виходять промені, які, зустрічаючись з предметами, висвітлюють їх і створюють видимість навколишнього світу. Погляди Платона підтримували багато вчених давнини і, зокрема, Евклід (3 ст. до н. е.), виходячи з теорії зорових променів, заснував вчення про прямолінійності поширення світла, встановив закон відображення.

У ті ж роки були відкриті наступні факти:

- прямолінійність поширення світла;
- явище відбивання світла і закон відбивання;
- явище заломлення світла;
- фокусують дію увігнутого дзеркала.

Стародавні греки поклали початок галузі оптики, що отримала пізніше назву геометричної.

Найбільш цікавою роботою з оптики, яка дійшла до нас із середньовіччя, є робота арабського вченого Альгазена. Він займався відбиванням світла від дзеркал, явищем заломлення і проходження світла в лінзах. Альгазен уперше висловив думку про те, що світло має кінцеву швидкість поширення. Ця гіпотеза була великим кроком у розумінні природи світла.

В епоху Відродження було зроблено безліч різних відкриттів і винаходів; став стверджуватися експериментальний метод, як основа вивчення і пізнання навколишнього світу.

На базі численних досвідчених фактів у середині XVII століття виникають дві гіпотези про природу світлових явищ:

✓ корпускулярна, яка передбачала, що світло є потік часток, які викидаються з великою швидкістю тілами, що свіяться;

✓ хвильова, стверджувала, що світло являє собою позовжні коливальні рухи особливого світлоносного середовища — ефіру — який порушується коливаннями світних частинок тіла.

Весь подальший розвиток вчення про світло, аж до наших днів — це історія розвитку та боротьби цих гіпотез, авторами яких були І. Ньютон і Х. Гюйгенс.

Основні положення теорії Ньютона

1. Світло складається з малих частинок речовини, що випускаються у всіх напрямках прямими лініями, або променями, що світяться тілом, наприклад, палаючою свічкою. Якщо ці промені, що складаються з корпускул, потрапляють у наше око, то ми бачимо їх джерело.

2. Світлові корпускули мають різні розміри. Найбільші частки, потрапляючи в око, дають відчуття червоного кольору, найдрібніші — фіолетового.

3. Білий колір — суміш усіх кольорів: червоного, помаранчевого, жовтого, зеленого, блакитного, синього, фіолетового.

4. Відбивання світла від поверхні відбувається внаслідок віддзеркалення корпускул від стінки за законом абсолютного пружного удару.

5. Явище заломлення світла пояснюється тим, що корпускули притягуються частинками середовища. Чим щільніше середа, тим кут заломлення менше кута падіння.

6. Явище дисперсії світла, відкрите Ньютоном у 1666 р., він пояснив наступним чином. Кожен колір вже присутній у білому світі. Всі кольори передаються через міжпланетний простір і атмосферу спільно, і дають ефект у вигляді білого світу. Білий світ — суміш різноманітних корпускул, які заломлюються, пройшовши через призму.

7. Ньютон окреслив пояснення подвійного променезаломлення, висловивши гіпотезу про те, що промені світла володіють «різними сторонами».

Основні положення хвильової теорії світла Гюйгенса

1. Світло — це поширення пружних періодичних імпульсів в ефірі. Ці імпульси поздовжні та схожі на імпульси звуку в повітрі.

2. Ефір — гіпотетична середа, що заповнює небесний простір і проміжки між частинками тіл. Вона невагома, не підпорядковується закону Всесвітнього тяжіння, має велику пружність.

3. Принцип розповсюдження коливань ефіру такий, що кожна його точка, до якої доходить збудження, є центром вторинних хвиль. Ці хвилі слабкі, і ефект спостерігається тільки там, де проходить їх обвідна поверхня — фронт хвилі (принцип Гюйгенса). Чим далі хвильовий фронт від джерела, тим більш плоским він стає.

Світлові хвилі, що приходять безпосередньо від джерела, що викликають відчуття бачення.

Дуже важливим пунктом теорії Гюйгенса стало припущення про скінченність швидкості розповсюдження світла. Використовуючи свій принцип, ученому вдалося пояснити багато явищ геометричної оптики:

- явище відбивання світла та його закони;
- явище заломлення світла і його закони;
- явище повного внутрішнього віддзеркалення;
- явище подвійного променезаломлення;
- принцип незалежності світлових променів.

Багато хто сумнівався в хвильовій теорії Гюйгенса, але серед нечисленних прихильників хвильових поглядів на природу світла були М. Ломоносов і Л. Ейлер.

З досліджень цих учених, теорія Гюйгенса почала формуватися як теорія хвиль, а не просто аперіодичних коливань, що поширюються в ефірі.

Погляди на природу світла в XIX-XX століттях

У 1801 році Т. Юнг виконав експеримент, який здивував учених світу. Дослід показав, що світло явище хвильове. Юнг розвинув теорію Гюйгенса уявленнями про коливання частинок, про частоту коливань. Він сформулював принцип інтерференції, ґрунтуючись на якому, пояснив явище дифракції, інтерференції та колір тонких пластинок.

Французький фізик Френель поєднав принцип хвильових рухів Гюйгенса і принцип інтерференції Юнга. На цій основі розробив строгу математичну теорію дифракції. Френель зміг пояснити всі оптичні явища, відомі на той час.

Основні положення хвильової теорії Френеля:

- світло — поширення коливань в ефірі зі швидкістю, де модуль пружності ефіру — щільність ефіру;
- світлові хвилі є поперечними;
- світловий ефір має властивості пружно-твердого тіла, абсолютно стискається.

Під час переходу з одного середовища в інше, пружність ефіру не змінюється, але змінюється його щільність.

Поперечні коливання можуть відбуватися одночасно в усіх напрямках, перпендикулярних напрямку розповсюдження хвилі.

Робота Френеля завоювала визнання вчених. Незабаром з'явився цілий ряд експериментальних і теоретичних робіт, що підтверджують хвильову природу світла.

У середині XIX століття почали з'являтися факти, що вказують на зв'язок оптичних і електричних явищ. У

1846 р. М. Фарадей спостерігав обертання площин поляризації світла в тілах, поміщених у магнітне поле. Фарадей увів уявлення про електричне і магнітне поля, як про своєрідні накладання в ефірі. З'явився новий «електромагнітний ефір». Першим на ці погляди звернув увагу англійський фізик Максвел. Він розвинув ці уявлення і побудував теорію електромагнітного поля.

Електромагнітна теорія світла не закреслила механічну теорію Гюйгенса-Юнга-Френеля, а поставила її на новий рівень.

У 1900 р. німецький фізик Планк висунув гіпотезу про квантовий характер випромінювання. Суть її полягала в наступному:

- випромінювання світла носить дискретний характер;
- поглинання відбувається теж дискретно — порціями, квантами.

Через п'ять років після Планка вийшла робота німецького фізика Ейнштейна про фотоефект. Ейнштейн вважав:

- світло, ще не вступає у взаємодію з речовиною, а має зернисту структуру;
- структурним елементом дискретного світлового випромінювання є фотон.

У 1913 р. датський фізик Н. Бор опублікував теорію атома, у якій об'єднав теорію квантів Планка-Ейнштейна з картиною ядерної будови атома.

Таким чином, з'явилася нова квантова теорія світла, яка народилася на базі нової теорії Ньютона. У ролі корпускули виступає квант.

Основні положення:

✓ світло випускається, поширюється і поглинається дискретними порціями — квантами;

✓ квант світла — фотон несе енергію, пропорційну частоті тієї хвилі, за допомогою якої він описується в електромагнітній теорії;

✓ фотон, має масу, імпульс і момент кількості руху;

✓ фотон, як частка, існує тільки в русі, швидкість якого — це швидкість поширення світла в даному середовищі;

✓ у всіх взаємодіях, у яких бере участь фотон, справедливі загальні закони збереження енергії та імпульсу;

✓ електрон у атомі може знаходитися тільки в деяких дискретних стійких стаціонарних станах, перебуваючи в стаціонарних станах, атом не випромінює енергію;

✓ під час переходу з одного стаціонарного стану в інший, атом випромінює (поглинає) фотон.

З виникненням квантової теорії з'ясувалося, що корпускулярні і хвильові властивості є лише двома сторонами, двома взаємопов'язаними проявами сутності світла. Вони не віддзеркалюють діалектичну єдність дискретності та континуальності матерії, що виражається в одночасному прояві хвильових і корпускулярних властивостей. Один і той же процес випромінювання може бути описаний, як за допомогою математичного апарату для хвиль, що поширюються в просторі і в часі, так і за допомогою статистичних методів передбачення появи часток у даному місці і в даний час. Обидві ці моделі можуть бути використані одночасно, і в залежності від умов, перевага віддається одній із них.

Досягнення останніх років в області оптики виявилися можливими завдяки розвитку, як квантової фізики, так і хвильової оптики. У наші дні теорія світла продовжує розвиватися.

5.1.2. «Нічна труба» Ломоносова



Рис. 5.1. М. Ломоносов

Хоча яскравість зображення протяжного джерела під час використання зорової труби і не підвищується, можливість розпізнавання деталей слабо освітлених предметів у цьому зростає. Цей факт був встановлений уперше російським ученим, засновником російської науки і приладобудування М.В. Ломоносовим (1711-1765 рр., *рис. 5.1*), який сконструював «нічну трубу» (*рис. 5.2*), призначену для розглядання предметів за умов слабкого освітлення — уночі або в сутінках. У цих умовах властивості сприймає очі значно змінюються в порівнянні з денними умовами, зокрема, значно зростає той мінімальний кут зору, під яким око може ще розрізнити дві точки об'єкта як роздільні. Зорова труба, збільшуючи кут зору, під яким видно предмети оком, підвищує здатність розрізняти предмети в умовах нічного і сутінкового освітлення.

Оптична система «нічної труби» робиться з можливо малого числа деталей для зменшення втрат світла на від-



Рис. 5.2. Труба
М. Ломоносова

зір одним оком (монокулярний зір), і обома очима (бінокулярний зір). У бінокулярному зорі оцінка відстані набагато точніше. В оцінці близьких відстаней у монокулярному зорі має значення явище акомодації.

Два ока дають нам те, що одне око дати не в змозі — стереоскопічність зору. Очі розташовані один від одного на відстані приблизно шести сантиметрів, тобто ми спостерігаємо предмети кожним оком під різними кутами.

Це можна перевірити. Поставте перед собою будильник на відстані 30 сантиметрів. Подивіться на нього двома очима. Тепер закрийте праве око і подивіться знову. Потім закрийте ліве око, і вам здається, що будильник злегка зрушився з місця, і ви дивитесь на нього з іншого становища. Праве око бачить будильник дещо праворуч, лівий відповідно дещо зліва. Якщо ці зображення накласти один на одного, то вони не співпадуть.

Але головний мозок, сприймаючи два таких зображення, комбінує їх і формує тривимірне зображення предмета. Коли дивишся двома очима, то сприймаєш глибину простору. Якщо ви дивитесь на будильник одним оком, то годинник здається плоским. Зір двома очима називається бінокулярним. Так само, як у випадку з біноклем, ми дивимося на світ через дві лінзи. Очі інших видів тварин розташовані не так, як у нас. У горобця очі знаходяться на бічних сторонах голови. У кожного ока абсолютно різні не співпадаючі поля зору. Цим досягається хороший огляд: від очей птахи не вислизне ні смачна муха, ні грізний хижак.

дзеркалення і поглинання. З цією ж метою, поверхні оптичних деталей «просвітлюються». Труба повинна бути розрахована на роботу за максимального діаметру зіниці ока — близько 8 мм. Крім того, труба для нічних спостережень повинна мати можливо велику світлосилу і велике збільшення.

5.1.3. Зір двома очима та сприйняття глибини

Сприйняття глибини простору й оцінка відстані, можливі як і

5.2. Фізична оптика

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

1 (ПВЗ). Чому у мілких місцях морська вода має зелене забарвлення?

2 (ПВЗ). Чому ліс на небокраї здається не зеленим, а затягнутим блакитним серпанком?

3 (ПВЗ). Під час повного місячного затемнення Місяць трохи освітлений червоним світлом. Чому?

4 (УЗЗ). Якщо протягом тривалого часу (понад години) дивитися телевизор у затемненій кімнаті, то після ввімкнення малопотужної лампи (15-25 Вт) білі предмети в кімнаті здаються жовто-помаранчевими. Чому?

5 (УЗЗ). Учень, який пояснює рівняння Ейнштейна для фотоефекту, сказав: “Енергія світла, яке падає, дорівнює роботі виходу електронів і кінетичній енергії їх руху”. У чому неточність такої відповіді?

План:

5.2.1. Пояснення кольорів тонких плівок. Інтерференція світла.

5.2.2. Розподільна здатність оптичних приладів. Дифракція.

5.2.3. Поляризоване світло. Поляріди.

5.2.4. Будова рентгенівської трубки.

5.2.5. Перші спроби визначення швидкості світла.

5.2.6. Дисперсія світла. Кольорові тіла, насиченість кольорів.

5.2.7. Колір неба і зір.

5.2.8. Випромінювання тіл розжарювання. Чорне тіло.

5.2.9. Оптична пірометрія.

Навчально-методичні завдання:

1 (УЗЗ). Скласти і провести урок фізики на тематику хвильових властивостей світла.

2 (УЗЗ). Підготувати комп'ютерну презентацію з навчальними демонстраціями на тематику хвильових властивостей світла.

3 (УЗЗ). Сконструювати прилад для демонстрацій на тематику хвильових властивостей світла.

4 (ПВЗ). Підготувати доповідь про українських учених, дослідників хвильових властивостей світла.

5.2.1. Пояснення кольорів тонких плівок. Інтерференція світла

Другим важливим відкриттям, що належать до фізичної оптики, було відкриття інтерференції світла. Простий дослід з інтерференції світла спостерігав Грімальді. Дослід полягає в наступному: на шляху сонячних променів ставлять екран з двома близькими отворами (проробленими у віконниці, що закриває вікно); виходять два конуса світлових променів. Помістивши екран у тому місці, де ці конуси накладаються один на одного, помічають, що в деяких місцях освітленість екрана менше, ніж якщо б його висвітлював тільки один світловий конус. З цього досліду Грімальді зробив висновок, що додаток світла до світла не завжди збільшує освітленість.

Інший випадок інтерференції приблизно в ті ж роки досліджував англійський фізик Роберт Гук (1635-1703). Він вивчав колір мильних плівок і тонких пластинок зі слюди. Він виявив, що ці кольори залежать від товщини мильної плівки або слюдяної платівки.

Гук підійшов до вивчення цих явищ з правильної точки зору. Він вважав, що світло — це коливальні рухи, які поширюються в ефірі. Він навіть вважав, що ці коливання є поперечними.

Явище інтерференції світла в тонких плівках Гук пояснював тим, що від верхньої та нижньої поверхні тонкої, наприклад, мильної, плівки відбувається віддзеркалення світлових хвиль, які, потрапляючи в око, виробляють відчуття різних кольорів. Однак, у Гука не було правильного уявлення про те, що таке колір. Він не пов'язував колір з частотою коливань або з довжиною хвилі, і тому не зміг розробити теорію інтерференції. Тлумачення Гука містить перший, щоправда, чисто якісний і розпливчастий варіант того, що ми зараз називаємо інтерференційним поясненням. Але ніхто, у тому числі і Гук, не зміг розібратися в цьому явищі. Справа в тому, що спостереження робили в білому світі, і тут явища надто різноманітні і складні.

Після відкриття явища інтерференції світла його практично відразу ж почали вивчати. Ісаак Ньютон зробив важливий крок у дослідженні інтерференції світла в тонких плівках.

Кількісні дослідження в цій області громіздкі, так як товщина шарів — близько $1/1000$ мм. Потрібно вимірювати такі малі товщини. Відповідних пристроїв для цього тоді не було. Ньютон обходить труднощі цього виміру чудовим

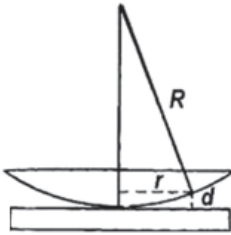


Рис. 5.3.
Установка
Ньютона для
вивчення явища
інтерференції

прийомом. На плоску скляну поверхню він кладе опуклою стороною плоско-опуклу лінзу — об'єктив телескопа з дуже великим радіусом кривизни (рис. 5.3). Тоді між нижньою плоскою і верхньою опуклою поверхнями утворюється надзвичайно тонкий шар повітря, який виявляє строкаті яскраві кольори; кольорові кільця в білому світі та чергування одноколірних світлих і темних кілець — в однорідному.

Основне призначення пристрою в тому, що, геометрія тут така, що відстань від центру до даного місця значно, у декілька сот разів більше товщини шару в цьому місці. Вимірюючи цю відстань, ми визначаємо товщину. Основний результат Ньютона: шар повітря не відображає, якщо його товщина h дорівнює деякій величині d або кратно d : $h = d, 2d, 3d$ і т.п. Якщо відставити нижню поверхню, то виходить віддзеркалення; у процесі приєднання другої поверхні це віддзеркалення зникає, як цим досвідом показав Ньютон. Навпаки, шар сильно віддзеркалює, якщо товщина його дорівнює $h = 1/2d, 3/2d, 5/2d$ і т.п.

Ньютон експериментально визначив цю товщину d , для кольору, на межі між червоним і жовтим, вона виявилася рівною $1/89\ 000$ дюйми.

Як можна пояснити появу цих кілець (званих кільцями Ньютона) з точки зору нової теорії світла? Падаючи зверху на лінзу, світлові промені на певних відстанях від центру або віддзеркалюються, або заломлюються і проходять через установку. У результаті чого ми бачимо систему світлих і темних кілець.

Але чому ж на одних відстанях від центру лінзи — світло віддзеркалюється, а на інших — заломлюється? На це питання Ньютон відповів, що в одних місцях світлові промені (світлові частинки) відчувають «напади легкого віддзеркалення», а в інших — «напади легкого заломлення». Але чому це відбувається, учений не міг пояснити.

Пояснення кільцям Ньютона було дано на початку XIX ст. на основі хвильової теорії світла англійським ученим Юнгом. Після Ньютона корпускулярна теорія світла стає загальновизнаною. Упродовж усього XVIII ст. її дотримувалися майже всі фізики.

5.2.2. Розподільна здатність оптичних приладів. Дифракція світла

Роздільна здатність або роздільність — спроможність приладу розрізняти дрібні деталі.

Термін походить із оптики, де роздільна здатність визначається як мінімальна віддаль між двома окремими штрихами, у яких вони сприймаються, як окремі штрихи, а не зливаються до купи.

Роздільна здатність оптичних приладів обмежена, як фундаментальними фізичними законами (наприклад, дифракцією світла), так і недосконалістю приладу.

Дифракція — явище, що виникає в поширенні хвиль (наприклад, світлових і звукових хвиль). Суть цього явища полягає в тому, що хвиля здатна огинати перешкоди. Це зумовлює те, що хвильовий рух спостерігається в області за перешкодою, куди хвиля не може потрапити прямо. Явище пояснюється інтерференцією хвиль на краях непрозорих об'єктів або неоднорідностях між різними середовищами в напрямі поширення хвилі. Прикладом може бути виникнення кольорових світлових смуг в області тіні від краю непрозорого екрана.

Дифракція добре проявляється тоді, коли розмір перешкоди на шляху хвилі рівний довжині або менший.

5.2.3. Поляризоване світло. Поляріди

Терміном поляризація електромагнітної хвилі або поляризація світла описується просторова орієнтація електричної складової електромагнітної хвилі — вектора напруженості електричного поля.

Електромагнітна хвиля в порожнечі завжди поперечна, тобто вектор напруженості електричного поля перпендикулярний до напрямку розповсюдження хвилі. Однак, за цього залишаються ще дві різні незалежні можливості орієнтації напруженості. Більш того, цей вектор може змінювати свою орієнтацію з часом.

Поляризація електромагнітних хвиль і, зокрема, світла, широко використовується в сучасній технології.

Піксель складається з кольорового фільтра, горизонтального поляризатора, оточеного двома шарами скла рід-

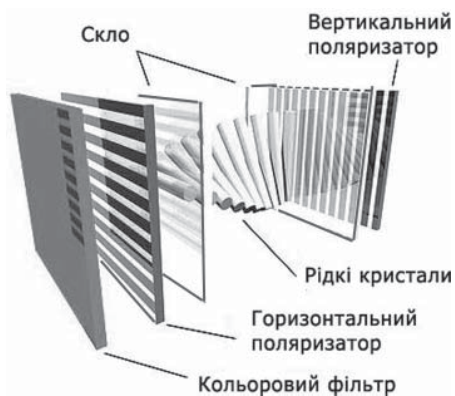


Рис. 5.4. Рідкокристалічні дисплеї

кокристалічного шару, який повертає поляризацію, вертикального фільтра.

Наприклад, піксель рідкокристалічного дисплея складається з шару, який пропускає тільки горизонтально-поляризоване світло, рідкокристалічного шару, який обертає поляризацію світла на 90° , і шару, який пропускає тільки вертикальну

поляризацію світла. Загалом, така структура прозора для горизонтально-поляризованої складової світла, яке падає на піксель. Однак, прикладання невеликого електричного поля до рідкого кристалу призводить до того, що кут обертання поляризації збивається, і світло вже не проходить крізь фільтри. У такому випадку піксель темніє, що дозволяє легко формувати зображення на дисплеї (рис. 5.4).

Стереоскопічне кіно. Поляризація світла використовується для того, щоб створити ефект об'ємності зображення в стереоскопічному кіно. Відомо, що об'ємність нашого зору зумовлена бінокулярністю, тобто тим, що ми маємо два ока, якими бачимо дещо різні зображення. Різниця в зображенні, сприйнятому очима дозволяє нашому мозку відтворити об'ємний ефект. У стереоскопічному кіно на екран проектується два зображення з різною поляризацією, а глядачу пропонується одягнути спеціальні окуляри, одне скельце яких пропускає лише вертикально-поляризоване світло, а інше — лише горизонтально-поляризоване світло. У результаті глядач бачить стереозображення.

Інше. Поляризоване світло знаходить широке застосування в наукових дослідженнях і в техніці. У багатьох випадках доводиться плавно регулювати освітлення того або іншого об'єкта. Поставивши перед джерелом світла поляризатор і аналізатор, можна, поволі повертаючи аналізатор, плавно змінювати освітлення об'єкта від максимального до повної темноти.

Поляризаційні фільтри застосовують для гасіння дзеркально відбитих відблисків, наприклад, під час фотографування картин, скляних і фарфорових виробів, поверхні

води. Якщо помістити поляроїд між джерелом світла і віддзеркалювальною поверхнею, то відблиски можна зовсім погасити. Також цікавим ефектом поляризаційного фільтра є посилення контрасту і насиченості кольорів на фотографії, зроблених на яскравому сонці.

У будівельній і машинобудівній техніці явище поляризації використовується для вивчення напружень, що виникають в окремих вузлах споруд і машин. Це явище використовується і в декоративних цілях (наприклад, у облаштуванні вітрин, під час театральних постановок, тощо), у геології і ряді інших галузей науки і техніки.

Поляроїд — оптичний прилад у вигляді прозорої плівки, яка перетворює неполяризоване світло на лінійно поляризоване; один з типів поляризаторів.

Властивості. Дія поляроїда ґрунтується на явищі дихроїзму. Здебільшого поляроїди ґрунтують впресовуванням у плівку-матрицю великої кількості дрібних однаково орієнтованих подвійно заломлюючих кристаликів, наприклад, кристаликів герпатиту (сірчаноокислий йод — хінін). Виготовляють поляроїди і без використання подвійно заломлюючих кристалів, наприклад, розтягом полімерних плівок, у яких дихроїзм виникає внаслідок однакової орієнтації витягнутих в одному напрямі молекул полімеру. Основна перевага поляроїдів перед поляризаційними призмами — можливість одержання широких пучків поляризованого світла. Вади поляроїда пов'язані з істотною зміною спектрального складу світла, яке проходить крізь такий поляризатор. Поляроїди застосовують переважно як поляризаційні світлофільтри — наприклад, для захисту очей водія від осліплювальної дії фар зустрічних машин.

5.2.4. Будова рентгенівської трубки

✓ Анод (антикатод) — металевий стержень, на скошеному кінці якого закріплена пластинка з тугоплавкого сплаву — дзеркальце антикатада.

✓ Катод становить спіраль із вольфрамового дроту, який нагрівається електричним струмом від джерела розжарювання U_h і випромінює електрони.

✓ Швидкі електрони влітають в анод гальмування їх кінетична енергія перетворюється в енергію рентгенівського випромінювання (рис. 5.5).

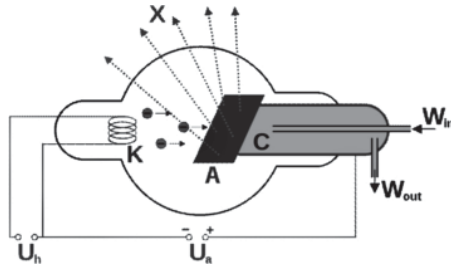


Рис. 5.5. Схематичне зображення рентгенівської трубки:
 X — рентгенівські промені, K — катод, A — анод (антискатод),
 C — тепловідвід (охолодження), U_h — напруга розжарення катода,
 U_a — прискорююча напруга, W_{in} — ввід водяного охолодження,
 W_{out} — вивід водяного охолодження анода.

5.2.5. Перші спроби визначення швидкості світла

Спроби відповісти на це питання робилися вже давно. Так, ще Г. Галілей (1607 р.) намагався визначити швидкість поширення світла за допомогою наступного простого досліду. Уявімо собі двох спостерігачів A і B . Якщо спостерігач A у деякий момент пошле світловий сигнал (наприклад, швидко відкриє заслінку ліхтаря), а спостерігач B відзначить за своїми годинах той момент, коли він побачить цей сигнал, то можна буде визначити час t , за який світло пройшло даний шлях l , і, отже, визначити швидкість світла $c = l/t$.

Дослід можна значно удосконалити і спростити, якщо замість другого спостерігача помістити дзеркало. Спостерігач, що вмикає ліхтар, відзначає також і момент, коли світловий сигнал, що відбився від дзеркала, повертається до нього, — тобто пройде шлях $2l$.

Таким чином, вдалося б визначити швидкість світла, маючи лише одним годинник. Проте дослід Галілея, як у першому, так і у другому варіантах, не дав певних результатів. Природно, що реєстрація моменту виходу і входу сигналу робиться з деякими помилками. Швидкість же світла виявилася настільки великою, що час проходження світлом порівняно невеликих відстаней, на які можна було віддалити пункти A і B , було значно менше вказаних помилок. Тому принципово правильний дослід не дав задовільного результату.

Для усунення помилок треба було або досить значно збільшити відстань l , або дуже сильно підвищити точність вимірювання невеликих проміжків часу. Обидва ці вдосконалення і були внесені згодом, призвели до сприятливих результатів.

5.2.6. Дисперсія світла. Кольорові тіла, насиченість кольорів

Як відомо з курсу фізики, світло є явище електромагнітне, тобто від джерела світла відходять промені, що розповсюджуються як електромагнітні хвилі дуже високої частоти. Довжина хвилі занадто мала і вимірюється в нанометрах ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$). Джерел світла у природі багато. Це сонце і зорі, електричні, газові й інші лампи, розпечені метали тощо. Більшість з них випромінюють безкольорові пучки променів, які ми умовно називаємо білими.

Вивчаючи білі промені, англійський учений Ньютон встановив цікаве явище: якщо крізь вузьку щілину в світлонепроникній перегородці пропустити промінь білого сонячного світла і поставити на його шляху скляну тригранну призму, ребро якої буде паралельне щілині, то на екрані утвориться різнокольорова смужка, схожа на веселку (рис. 5.6). Ньютон назвав її спектром.

Розглядаючи сонячний спектр, можна розрізнити в ньому сім виразних кольорів (червоний, помаранчевий, жовтий, зелений, блакитний, синій і фіолетовий), які не мають меж і плавно переходять один у другий. Довжина хвиль променів, що дають видиму частину спектра, є приблизно у межах 370-780 нм. Крім видимих променів, що випромінюються джерелами світла, є промені невидимі. Це ультрафіолетові промені, довжина хвилі яких менша ніж 370 нм та інфрачервоні теплові промені з довжиною хвилі більше ніж 780 нм. Так само кожний кольоровий промінь характеризується відповідною довжиною хвилі.

Отже, можна умовно розглядати білий промінь світла як суміш кольорових променів з різною довжиною хвилі. Тому, проходячи крізь призму, вони заломлюються під різни-

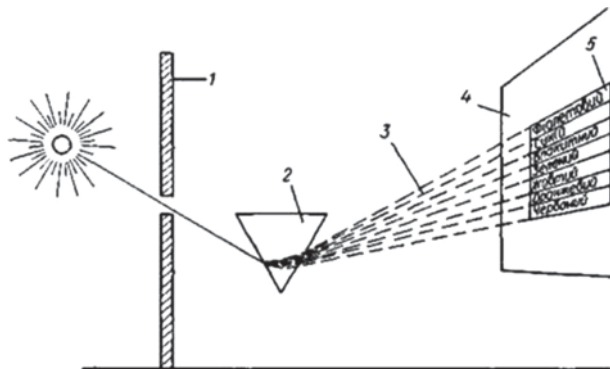


Рис. 5.6. Схема розкладання (дисперсії) променя світла призмою: 1 — перегородка із щілиною, 2 — скляна призма, 3 — пучок кольорових променів, 4 — екран, 5 — сонячний спектр

ми кутами і виходять з неї у вигляді різнокольорового пучка. Якщо на шляху пучка різнокольорових променів поставити двоопуклу лінзу і, таким чином, зібрати їх в один промінь, то він знову стане білим.

Кожен предмет у природі має властивий йому колір. Колір предмета залежить від здатності матеріалу поглинати чи відбивати певну кількість світлових променів, від структури його зовнішньої поверхні (фактури), освітлення і складу світлового променя, який падає на предмет.

Кожне тіло здатне поглинати або відбивати промені, що падають на нього, а якщо воно прозоре, то й пропускати їх крізь себе. Колір непрозорого предмета залежить від здатності даного матеріалу поглинати або відбивати промені певної довжини хвилі, а отже, і певного кольору.

Якщо предмет поглинає всі промені, що падають на нього, то він здається нам чорним, а якщо відбиває їх, — білим. Предмет, що поглинає всі промені, а червоні відбиває, буде мати червоний колір, а той, що відбиває сині, — синій колір тощо.

5.2.7. Колір неба і зір

Безхмарне небо звичайно має блакитний колір, але воно може набирати найрізноманітніших відтінків.

Як відомо, спектр сонячного світла складається з семи основних кольорів: червоного, помаранчевого, жовтого, зеленого, блакитного, синього і фіолетового. Різні кольори променів білого світла змішані в точно визначеній пропорції. За будь-якого порушення цієї пропорції світло з білого перетворюється в забарвлене. Якщо промені світла падають на частинки, розміри яких менші за довжину хвиль променів, то вони, відповідно до закону Релея, розсіюються ними обернено пропорціонально довжині хвиль у четвертому ступені. Цими частинками можуть бути як самі молекули газів, що складають атмосферу, так і найдрібніші частинки пилу.

Ті ж самі частинки розсіюють промені різних кольорів по-різному. Найбільше розсіюються промені фіолетові, блакитні і сині, менше — червоні. Саме тому небо забарвлене в блакитний колір, біля горизонту воно має світло-блакитний тон, а в зеніті — майже синій. Сині промені, проходячи крізь шар атмосфери, дуже розсіюються, червоні ж досягають поверхні Землі майже зовсім нерозсіяними. Цим пояснюється червоний колір сонячного диска на заході або одразу після сходу.

Коли ж світло падає на частинки, діаметр яких майже дорівнює довжині хвиль або більший за неї, то промені всіх кольорів розсіюються однаково. У цьому разі розсіяне і падаюче світло матиме однаковий колір. Тому коли в атмосфері завислі більш крупні частинки, то до синього кольору неба, обумовленого розсіюванням молекул газів, додається білий колір, і небо стане блакитним з білуватим відтінком, який посилюється із збільшенням кількості завислих в атмосфері частинок. Такий колір неба спостерігається тоді, коли в повітрі міститься багато пилу. Колір неба стає білястим, а коли в повітрі багато продуктів конденсації водяної пари у вигляді крапельок води, кристаликів льоду, небо набирає червонуватого і помаранчевого відтінку. Таке явище звичайно спостерігається під час проходження фронтів або циклонів, коли волога виноситься потужними потоками повітря високо вгору.

Колір зір. Класифікації зір почали будувати відразу після того, як почали отримувати їхні спектри. У першому наближенні спектр зорі можна описати як випромінювання абсолютно чорного тіла з накладеними на нього лініями поглинання або випромінювання. Головний чинник, що впливає на вигляд спектру, це температура, тож спектральна класифікація за своєю сутністю є температурною.

Одну з найвідоміших спектральних класифікацій розроблено в Гарвардській обсерваторії в 1890-1924 роках під час складання каталогу Генрі Дрепера (тому іноді її називають Дреперівською класифікацією).

5.2.8. Випромінювання тіл розжарювання. Чорне тіло

Використання розжареного тіла як джерела світла тим вигідніше, чим вище температура цього тіла. Дійсно, з підвищенням температури не тільки швидко збільшується загальна випромінювана потужність, але й зростає відносна частка променистої енергії, яка приходить на видиму частину спектра. За законом Стефана Больцмана сумарна інтенсивність більш короткохвильових ділянок спектра зростає значно швидше, особливо за високих температур. Так, поблизу температури червоного розжарення загальна енергія видимого спектру платини зростає пропорційно тридцятій степені температури і навіть поблизу білого каління — все це пропорційно чотирнадцятій степені температури. Інтенсивність жовтих променів зростає вдвічі, коли температура чорного тіла змінюється від 1800 до 1875 К, тобто всього на 4%.

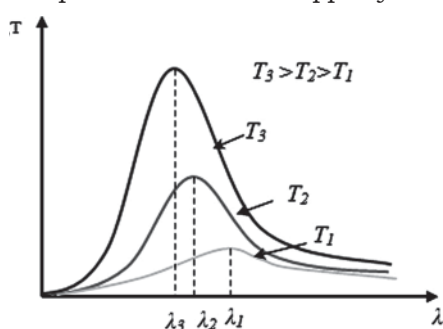
Якщо б випромінювачем було чорне тіло, то, користуючись формулою Планка, ми могли б розрахувати для кожної температури цю частину корисної для освітлення енергії і обчислювати світлову віддачу світлового джерела.

Коли прийняти до уваги, що максимум чутливості людського ока лежить біля 550 нм у жовто-зеленій частині спектру, то чорне тіло є найвигіднішим джерелом за температури 5200 К. Прийнято називати умовно «білим світлом» (у світлотехніці) випромінювання чорного тіла за цієї температури. Сонячне випромінювання поблизу поверхні Землі, тобто дещо змінене внаслідок поглинання в земній атмосфері, має кольорову температуру, близьку до цього числа, що й дало підставу для такого умовного позначення.

У подальшому підвищенні температури чорного тіла випромінювання, яке приходить на корисну, для освітлення, частину спектру, звичайно зростає, але його частка в загальній випромінюваній енергії падає, так що подальше підвищення температури не економне з точки зору поглинання світлотехніки.

Випромінювання нечорних тіл, наприклад, розжарених металів завжди менше випромінювання чорних тіл. Але світлова віддача, тобто відношення між енергією, є корисною для освітлення і її невидимою частиною для розжареного металу за даної температури T_i може бути вище, ніж для чорного тіла в тій же температурі (рис. 5.7).

Ці криві дають розподіл енергії за спектром для вольфраму і чорного тіла з однією і тією температурою, там же приведене відношення ординат обох кривих (пунктирна лінія), яка показує відношення випромінюючої здатності вольфраму для різних довжин хвиль до випромінюючої здатності чорного тіла. Із пунктирної кривої видно, що в області видимого світа випромінювання вольфраму складає 40% випромінювання



чорного тіла тієї ж температури, а в області інфрачервоних променів — всього 20%. Така «селективність» випромінювання вигідно відрізняє вольфрам, і в зв'язку з високою температурою плавлення, робить його найкращим матеріалом для виготовлення ниток ламп розжарювання.

Рис. 5.7. Криві випромінювання

5.2.9. Оптична пірометрія

Пірометр — прилад для безконтактного вимірювання температури непрозорих тіл за їх випроміненням в оптично-му діапазоні спектра. Принцип дії полягає на вимірюванні потужності теплового випромінювання об'єкта вимірювання.

Найпоширеніші оптичні пірометри (рис. 5.8), де інтенсивність випромінювання розжареного тіла порівнюється спостерігачем з яскравістю нитки пірометричної лампи-еталона. Застосовують у металургії, хімії тощо.

Призначення — безконтактне вимірювання і контроль температури поверхонь різних об'єктів за їх тепловим випромінюванням.

Області застосування. Безконтактні інфрачервоні вимірювачі температури (пірометри) широко використовуються в різноманітних галузях промисловості. До таких можна віднести металургійну промисловість, виробництво пластмас і виробів з них, виробництво скляних виробів, електротехнічну промисловість, харчову промисловість та інші. Основною особливістю інфрачервоних вимірювачів температури є безконтактний метод вимірювання, який дозволяє проводити вимірювання в місцях, недоступних для контактних методів вимірювання.

Контроль температури в технологічних процесах дозволяє підвищити якість продукції, передбачити аварійні ситуації, продовжити термін експлуатації обладнання. Вимірювання температури за допомогою пірометрів дозволяє контролювати технологічний процес плавки чавуну, сталі, а також контролювати стан печей, які використовуються у відповідних технологічних процесах, для передбачення аварійних ситуацій. Контроль температури за допомогою пірометрів в процесі виробництва скла, пластмас та виробів з них дозволяє підтримувати заданий температурний режим технологічного процесу, а також контролювати якість продукції в процесі виготовлення. Для вимірювання температури вище 800°C застосовують пірометри, принцип дії яких заснований на визначенні величини випромінювання, що випускається нагрітими тілами.

Принцип дії радіаційних пірометрів полягає в тому, що потік теплового випромінювання, який випускається розпеченим тілом, уловлюється і фокусується на теплочутливій частині приладу, яка з'єднана з термопарою.



Рис. 5.8. Оптичний пірометр

5.3. Дія світла

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

1 (ПВЗ). Розв'язати задачу. Свічка знаходиться на відстані 25,5 см від збиральної лінзи, оптична сила якої дорівнює 10 дптр. На якій відстані від лінзи утвориться чітке зображення свічки?

2 (ПВЗ). Розв'язати задачу. Лампа, сила світла якої 400 Кд, висить на висоті 4 м над поверхнею. Визначити освітленість горизонтальної площадки під лампою.

3 (РГ). Якщо промінь світла переходить із середовища з більшою оптичною густиною в середовище з меншою оптичною густиною, то кут заломлення..., кута падіння.

4 (РГ). Залежність... поширення пучка світла від кольору називають дисперсією світла.

5 (ПВЗ). Дати відповідь. Відстань від точкового джерела світла до поверхні збільшили в два рази. Як за цього змінилась освітленість поверхні?

План:

- 5.3.1. Дія світла на речовину.
- 5.3.2. Люмінесцентний аналіз.
- 5.3.3. Фотографія.
- 5.3.4. Фотохімічна теорія зору.
- 5.3.5. Тривалість зорового відчуття.
- 5.3.6. Світло як форма матерії.

Навчально-методичні завдання:

1 (ПВЗ). Скласти і провести урок фізики на тематику світлових явищ.

2 (УЗЗ). Розробити комп'ютерну презентацію на демонстраційний експеримент з світлових явищ. Провести фрагмент уроку.

3 (УЗЗ). Сконструювати демонстраційний прилад на дію світла. Провести навчальну ілюстрацію з поясненнями для учнів.

4 (УЗЗ). Скласти тестові завдання різнорівневого характеру на перевірку успішності засвоєння основних понять і законів з даної теми у старших класах.

5 (УЗЗ). Підібрати систему олімпіадних та інших нестандартних задач на тематику світлових явищ для старших класів. Запропонувати методичні рекомендації щодо їх розв'язування.

5.3.1. Дія світла на речовину

1. Фотоелектричний ефект

Світло має двоїсту, корпускулярно-хвильову природу: з одного боку, воно має хвильові властивості, що обумовлюють явища інтерференції, дифракції, поляризації, з іншого боку, представляє собою потік частинок — фотонів, які мають нульову масу спокою і рухаються зі швидкістю, рівної швидкості світла в вакуумі. Енергія E фотона і його імпульс p для відповідної йому електромагнітної хвилі з частотою ν і довжиною хвилі λ рівні:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}; \quad p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}, \quad \text{де } h \text{ — постійна Планка.}$$

2. Ефект Комптона

Ефектом Комптона називається зміна частоти або довжини хвилі фотонів у процесі їх розсіювання електронами і нуклонами. Ефект Комптона відрізняється від фотоефекту тим, що фотон передає частинкам речовини свою енергію не повністю. Частковим випадком ефекту Комптона є розсіювання рентгенівських променів на електронних оболонках атомів та розсіювання гамма-променів на атомних ядрах.

3. Електрооптичний ефект

Електрооптичний ефект — це зміна коефіцієнта заломлення деяких матеріалів під дією електричного поля. Матеріали, що володіють такою властивістю, називають електрооптичними матеріалами.

Електрооптичні ефекти бувають двох видів: 1) коефіцієнт заломлення лінійно залежить від сили поля, прикладеного до кристалу, який не має внутрішньої симетрії (наприклад, пьезокристалу), 2) коефіцієнт пропорційний квадрату сили поля в речовинах із внутрішньої симетрією. Перший називають ефектом Поккельса, а другий — ефектом Керра.

4. Акустооптичний ефект

Акустооптичний ефект — це явища дифракції, заломлення, віддзеркалення або розсіювання світла на періодичних неоднорідностях середовища (зонах з різним показником заломлення), викликаних пружними деформаціями під час проходження ультразвуку. Періодичне чергування неоднорідностей середовища «працює» як дифракційна решітка, що змінює напрямок світлового променя. Акустооптичні ефекти бувають двох видів. У низькій частоті ультразвуку та малій ширині фронту (довжині взаємодії) ультразвуку-

вої хвилі виникає дифракція Рамана–Ната. А якщо частота ультразвуку висока і довжина взаємодії велика, то відбувається дифракція Брегга.

5. Магнітооптичний ефект

Магнітооптичний ефект — це зміна оптичних властивостей речовини в залежності від його намагніченості або від сили прикладеної до нього магнітного поля. Під оптичними властивостями потрібно розуміти відображення, пропускання, поляризацію світла та інші явища. Серед магнітооптичних ефектів зі зміною відбивання або пропускання світла розрізняють ефект Фарадея і ефект Керра. Речовини, у яких спостерігається магнітооптичний ефект, називають магнітооптичними матеріалами.

6. Нелінійний оптичний ефект

Коли світло (електромагнітні хвилі) входить у яку-небудь речовину, електрони атомів і молекул речовини зсуваються полем хвиль, утворюючи диполі, що коливаються в такт коливань цього поля. У свою чергу, коливання диполів створюють електромагнітні коливання з такою ж частотою, довжиною хвилі і швидкістю поширення, як і у збудливого випромінювання. Коефіцієнтом пропорційності між поляризованістю речовини і напруженістю електричного поля служить показник заломлення, що залежить від речовини. Але з'явилися лазери — джерела когерентного випромінювання з високою інтенсивністю, тобто з великою амплітудою коливань.

У результаті — нелінійні впливи на опромінення, спотворюють лінійні залежності в спостережуваних явищах. Такі випадки назвали нелійними оптичними ефектами. Крім поляризації речовини, пропорційній силі прикладеного поля, виникла нелінійна поляризація другого порядку, пропорційна квадрату сили поля, що викликає такі явища, як подвоєння частоти випромінювання, складання частот двох випромінювань, параметричне випромінювання тощо.

Крім поляризації другого порядку може виникнути нелінійна поляризація третього порядку, що викликає потроєння частоти, спотворення коефіцієнта заломлення, вимушене раманівське розсіювання та інші явища.

7. Ефект Рамана

Ефектом Рамана називають розсіювання монохроматичного випромінювання в речовині, за якого в спектрі розсіяного світла з'являються нові, характерні для даної речовини лінії, що відрізняються від спектральної лінії джерела.

Це явище вперше в 1928 р. виявив індійський фізик Раман. Якщо направляти на речовину сильне когерентне світло, наприклад, світло лазера, то спостерігається сильне раманівське розсіювання з вираженою спрямованістю. Це явище, назване вимушеним раманівським розсіюванням, уперше виявив Вудбьюрі (Woodbury) у 1962 р. Явище, відкрите Раманом, на відміну від вимушеного раманівського розсіювання, стали називати природним рамановським розсіюванням.

8. Тиск світла

Тиском світла називається механічна дія, вироблена електромагнітними хвилями в процесі падіння на якунебудь поверхню.

5.3.2. Люмінесцентний аналіз

Люмінесцентний аналіз — якісний і кількісний методи дослідження різних об'єктів, основані на явищі люмінесценції. У люмінесцентному аналізі використовують фотолюмінесценцію, катодолюмінесценцію або хемолюмінесценцію.

Найпоширеніший люмінесцентний аналіз — з використанням люмінесценції, збудженої ультрафіолетовим промінням. У залежності від того, як реєструють сигнал — після закінчення збудження чи через певний проміжок часу, розрізняють флуориметрію і фосфориметрію. У залежності від методу одержання спектра розрізняють: звичайну (класичну, традиційну), синхронну, похідну флуориметрію (фосфориметрію).

Крім того, виділяють люмінесцентний аналіз: прямий, непрямий, індикаторний і сортовий аналіз (сорткування за інтенсивністю і кольором люмінесценції).

Люмінесцентний аналіз дає змогу визначити якісний і кількісний склад речовин. Застосовують у хімії, геології тощо. Його використовують у видимій області спектра. Перевага методу — висока чутливість, яка дозволяє ідентифікувати речовину за її кількості від 10^{-8} – 10^{-9} г до 10^{-10} – 10^{-12} г. Люмінесцентний аналіз може бути застосовано для дослідження понад 3000 органічних сполук, які мають власну люмінесценцію, флуоресціюючих неорганічних сполук: солей ураніду, лантанідів, комплексних галогенідів важких металів. Ряд цих сполук інтенсивно флуоресціюють після реакцій комплексоутворення, окиснення.

5.3.3. Фотографія

Фотографія — сукупність різноманітних науково-технічних засобів і технологій, які мають на меті реєстрацію одиничних довготривалих зображень об'єктів за допомогою світла.

Фотографією (або світлиною) називають також результат фотографічного процесу — зображення, електронне або отримане на певному матеріалі, здебільшого на цупкому папері. Колекції фотографій називають фотоальбомами. Для відтворення електронного зображення потрібне устаткування на зразок комп'ютера з дисплеєм або проектором.

5.3.4. Фотохімічна теорія зору

Основною функцією зорового аналізатора є сприйняття світла, а також форми предметів навколишнього світу та їх положення в просторі, світло викликає складні зміни в сітківці, так званий зоровий акт. Таким чином, світло є адекватним подразником для органа зору. Світло — магнітні коливання з певною частотою (369-760 мкм — видима частина спектру).

Вважається, що світлові роздратування, в першу чергу, сприймає родопсин (зоровий пурпур).

Трансформація світлової енергії в сітківці здійснюється в результаті процесів життєдіяльності рецепторів — паличок і колбочок, які включають у себе фотохімічні реакції руйнування і відновлення родопсину в тісному зв'язку з обміном речовин. Продукти хімічних перетворень у фоторецепторах, а також виникаючі за цього електричні потенціали, служать дратівливим чинником для інших шарів сітківки, де виникають імпульси збудження, які несуть зорову інформацію до центральної нервової системи. Збудження від паличок і колбочок передається на біполярні та гангліозних клітини сітківки. Безперервний фотохімічний процес (синтез родопсину) неможливий без наявності вітамінів А і В₂, АТФ, нікотинаміду та ін.

За нестачі в організмі цих речовин порушуються такі зорові функції, як світлочутливість, адаптація, розвивається гемералопія (куряча сліпота). Однак процес сприйняття, як правило, не обмежується зором, але припускає дотикові, смакові відчуття. Процеси зорового сприйняття, що протікають в оці, є невід'ємною частиною діяльності мозку. Вони тісно пов'язані з мисленням.

Унаслідок обмеженої швидкості світла і певної затримки нервових імпульсів, що надходять у мозок, людина бачить минуле (зникле). За одну секунду світловий промінь встигає більше 7 разів промчати навколо Землі.

Сприймаюча світло сітківка, у функціональному відношенні, може бути розділена на центральну (область плями сітківки) і периферичну (вся інша поверхня сітківки). Відповідно до цього, розрізняють центральне і периферичний зір. Крім того, виділяють ще характер зору (монокулярне, біокулярний).

Найбільш досконале зорове сприйняття можливе за умови, якщо зображення предмета падає на область плями сітківки, особливо його центральної ямки. Периферична частина сітківки цією здатністю володіє в значно меншому ступені. Чим далі від центру до периферії сітківки проектується зображення предмета, тим менш воно чітке.

Макс Шульц висунув теорію подвійності зору про розподіл обов'язків між паличками (їх близько 13 млн.) і колбами (7 млн.). Центральний апарат сітківки (колбочки) забезпечують денний зір і кольоровідчуття, а периферичний (палички) — нічний (скотопічна паличка), або сутінковий (мезоскопічна паличка) зір (світова чутливість, темнова адаптація).

У сітчастій оболонці виникає три види процесів: ретиномоторна реакція — полягає в тому, що залежно від ступеня та інтенсивності світлового потоку колбочки виходять на перший план у яскравому світлі і навпаки, а світло потрапляє на всі елементи; фотохімічна реакція — пов'язана з розкладанням родопсину та йодопсину. Для того, щоб вони постійно відновлювалися необхідно безперервне надходження поживних речовин і наявності магнію, час для відпочинку; електрична реакція. Під час розкладання родопсину та йодопсину виникають позитивні і негативні іони, які утворюють поля, результатом чого є виникнення різниці потенціалів, що, згідно теорії Лазарева, є пусковим механізмом для виникнення зорових образів у корі головного мозку.

5.3.5. Тривалість зорового відчуття

В оці людини містяться дві категорії фоточутливих елементів — рецепторів: високочутливі палички (рецептори) — такі, що відповідають за сутінковий (нічний) зір, і менш чутливі колбочки (рецептори) — такі, що відповідають за кольоровий зір.

У сітківці ока людини є три види колбочок, максимум чутливості яких припадає на червону, зелену і синю ділянки видимого спектру, тобто відповідає трьом «основним» кольорам. Криві їх спектральної чутливості частково перекриваються, що забезпечує розпізнавання тисяч кольорів і відтінків у спектральному діапазоні довжин світлових хвиль 400-700 нм. Дуже сильне світло подразнює всі три типи рецепторів, і тому світло сприймається як випромінювання сіпучо-білого кольору.

Рівномірне подразнення всіх трьох елементів, що відповідає денному світлу, також викликає відчуття білого кольору. Трьохкомпонентну теорію кольорового зору вперше сформулював у 1756 році М.В. Ломоносов, коли писав «про три матерії дна ока». Сто років потому її розвинув німецький учений Г. Гельмгольц, який не послався на відому роботу Ломоносова «Про походження світла», хоча вона була опублікована і стисло викладена німецькою мовою.

Зорові відчуття і сприйняття пов'язані, у першу чергу, з функціонуванням зорового аналізатора. Потиличні відділи кори головного мозку є корковий кінець зорового аналізатора, оскільки тут закінчуються волокна, що йдуть від сітківки ока. Ці волокна спочатку йдуть у складі зорового нерва, перехрещуються частково в Хіазм, продовжуючи свій шлях у зоровому тракті. Зоровий тракт правої півкулі містить волокна, які передають збудження від лівих половин зорових полів і лівого і правого ока. Зоровий тракт лівої півкулі, відповідно, — від правих половин полів зору обох очей. Волокна зорового тракту закінчуються у зовнішньому колінчастому тілі, де починається новий зоровий шлях, який у формі віялу розташовується всередині скроневої області — зорове сяйво (або пучок Граціоле) — і закінчується в первинному полі потиличної кори. Зоровий нерв, зоровий тракт і зорове сяйво мають соматотопічну організацію, у разі їх поразки, виникає випадання певних частин зорового поля (гемеанопсії) або сліпа пляма (скотома).

Характеристики зорового відчуття

1. *Світлова чутливість.* Світлова чутливість вимірюється величиною порогу сприйняття світлового подразника.

Око має різну чутливість у різних умовах. За умови поганого освітлення, зір зумовлений чутливістю паличок. Такий зір називається скотопічним зором. На противагу, фотопічний зір — це зір у доброму освітленні, коли основну роль у світлосприйнятті відіграють колбочки.

2. *Гострота зору.* Здатність різних людей бачити великі або менші деталі предмету з однієї і тієї ж відстані, за однакової форми очного яблука і однакової заломлюючої сили діоптричної очної системи, зумовлюється відмінністю у відстані між паличками і колбочками сітківки і, називається гостротою зору.

3. *Бінокулярність.* Розглядаючи предмет обома очима, ми бачимо його тільки тоді одиночним, коли осі зору очей утворюють такий кут збігання (конвергенцію), у якому симетричні виразні зображення на сітківках утворюються в певних відповідних місцях чутливої жовтої плями. Завдяки такому бінокулярному зору ми не тільки робимо висновки про відносне положення і відстань до предметів, але й сприймаємо враження рельєфу та об'єму.

5.3.6. Світло як форма матерії

Під час вивчення цієї теми вчитель дає учням уявлення про світлові явища, про енергію, яку випромінюють джерела світла і яка переноситься світловими пучками та може перетворюватись у інші види енергії; сформувані в учнів навички розв'язування задач на визначення характеристики тонкої лінзи і графічні вміння будувати зображення в плоскому дзеркалі та тонких лінзах предмета, розміщеного на різних відстанях від них; ознайомити учнів з технічним застосуванням лінз в оптичних приладах, пояснити оптичну систему і вид віддзеркалення у фотоапараті, проекційному апараті, телескопі, мікроскопі та органі зору — оці; продовжити формування вмінь працювати з підручником, виділяти основний матеріал, зіставляти текст з рисунком, робити порівняння, узагальнення і систематизацію матеріалу, складати схеми, класифікаційні таблиці.

У змісті теми можна виділити три основні групи питань.

1. Оптичні явища природи: світлові явища; джерела і приймачі світла; світловий промінь; прямолінійне поширення світла; дисперсія світла; спектральний склад світла; кольори.

2. Закони геометричної оптики: віддзеркалення світла; закони віддзеркалення світла; плоске дзеркало; проходження світла в різних оптичних середовищах; заломлення світла на межі двох середовищ; лінзи; оптична сила і фокусна від-

стань лінзи; побудова зображень, що дає тонка лінза; око, як оптична система; вади зору; окуляри; оптичні прилади.

3. Закони фотометрії: фотометрія; сила світла; освітленість; закони освітленості.

Лабораторні роботи:

1. Утворення кольорової гамми спектра, через накладання променів різного кольору.

2. Вивчення законів відбивання світла за допомогою плоского дзеркала.

3. Визначення фокусної відстані тонкої лінзи.

4. Складання найпростішого оптичного приладу.

За результатами вивчення розділу учень повинен вміти: називати основні оптичні явища природи, вади зору, одиниці оптичної сили лінзи, сили світла, освітленості; наводити приклади джерел і приймачів світла, застосування лінз та оптичних приладів, урахування фотометрії в життєдіяльності людини; розрізняти падаючий, відбитий і заломлений промені, кут падіння, відбивання і заломлення світла, фокусну відстань і оптичну силу лінзи; формулювати закони відбивання і заломлення світла, означення поняття світлового променя; записувати формули тонкої лінзи, сили світла, освітленості; навчитися описувати проходження світла в різних оптичних середовищах, хід променів у дзеркальному відбиванні світла, класифікувати види джерел світла, лінзи на збиральні та розсіювальні; характеризувати кольорову гаму світла, око як оптичну систему, способи корекції короткозорості та далекозорості; пояснити утворення тіні та напівтіні, причини сонячних і місячних затемнень, дисперсію світла, призначення окулярів, лінз, оптичних приладів; навчитися спостерігати прямолінійне поширення світла в однорідному середовищі, відбивання світла, заломлення світла на межі двох середовищ, дисперсію світла, утворення кольорової гами світла через накладання променів різного кольору; вимірювати фокусну відстань та оптичну силу лінзи, користуватися лупою, лінзами; складати найпростіші оптичні прилади; розв'язувати задачі, застосовуючи формулу лінзи, сили світла, освітленості; будувати хід променів у плоскому дзеркалі, зображення, утворені за допомогою лінз.

5.4. Завдання для самоконтролю

- 1 (ПВЗ). Людина йде до плоского дзеркала зі швидкістю 2 м/с. З якою швидкістю вона наближується до свого зображення?
- 2 (ПВЗ). Промінь прожектора добре помітний у тумані, а гірше — у ясну погоду. Чому?
- 3 (ПВЗ). Чому полірована поверхня блищить?
- 4 (ПВЗ). Чому намальовані на запотілому склі фігури добре помітні?
- 5 (ПВЗ). З берега добре видно дно річки біля берега, але не видно дна річки на її середині, хоча глибина там може бути меншою, ніж біля берега. Чому?
- 6 (ПВЗ). Узимку, коли земля вкрита снігом, місячні ночі бувають світлішими, ніж влітку. Чому?
- 7 (УЗЗ). У якому випадку кут заломлення променя дорівнює куту падіння?
- 8 (УЗЗ). Накреслити промінь світла, який йде від певної точки всередині води до ока спостерігача.
- 9 (ПВЗ). Будь-яке водоймище, дно якого добре видно, завжди здається більш мілким, ніж у дійсності. Чому?
- 10 (ПВЗ). Чому віддзеркалення предмета у воді завжди менш яскраве, ніж сам предмет?
- 11 (УЗЗ). Існують організми (лялечка пір'ястовусого комара та ін.), які у воді не помітні з-за їх прозорості. Але очі у таких істот-невидимок добре помітні у вигляді чорних крапок. Чому цих істот непомітно у воді? Чи залишаться вони непомітними у повітрі? Чому очі в них непрозорі?
- 12 (ПВЗ). Чим пояснити мерехтіння зірок?
- 13 (УЗЗ). Як змінилося б видиме зображення зірок на небі, якщо б раптом зникла земна атмосфера?
- 14 (ПВЗ). Чому Сонце і Місяць біля обрію здаються овальними?
- 15 (УЗЗ). У середніх широтах після заходу Сонця темнішає не відразу, а настають сутінки. Чому?
- 16 (РГ). Чому вдень не видно зірок?
- 17 (ПВЗ). Ґрунт, папір, дерево, пісок здаються більш темними, якщо вони вологі. Чому?
- 18 (УЗЗ). У процесі розглядання предметів через віконне скло усі вони повинні здаватися зміщеними. Чому зміщення, як правило, непомітне?
- 19 (РГ). Предмети, які спостерігаються через віконне скло, іноді здаються викривленими. Чому?

- 20 (УЗЗ). Чому у люстерку з товстого скла видно одне яскраве і декілька блідих зображень свічки?
- 21 (П). У книзі Е. Распе “Пригоди барона Мюнхгаузена” є таке місце: “... Раптом мені прийшла у голову блискуча думка. С усієї сили я вдарив себе кулаком у праве око. З ока, ясна річ, так і посипалися іскри, і порох в ту ж мить спалахнув”. Який фізичний зміст має фраза: “З очей посипалися іскри”.
- 22 (П). Чи може на сітківці неозброєного ока утворитися зображення предмета, яке буде дорівнювати за величиною самого предмету?
- 23 (УЗЗ). Чому далекі предмети здаються повільнішими, ніж ті, які знаходяться ближче?
- 24 (УЗЗ). Коли оптична сила ока більша — у розгляданні близьких чи далеких предметів?
- 25 (УЗЗ). Проколить маленький отвір у шматку папері і тримайте його дуже близько від ока і дивіться проти світла. Між отвором і оком помістіть булавку головою угору. Чому зображення булавки буде головою вниз?
- 26 (УЗЗ). Через маленький отвір, який розташований біля ока, можна досить ясно бачити предмети, які знаходяться дуже близько від ока. Чому ці предмети видаються збільшеними і слабко освітленими?
- 27 (УЗЗ). Короткозоре око може розрізняти більш дрібні деталі (наприклад, читати більш дрібний шрифт), ніж нормальне око. Чому?
- 28 (П). Щоб бачити краще, короткозорі люди мружать очі. Як це пояснити?
- 29 (УЗЗ). Окуляри мають оптичну силу +1,5 діоптрії. Які лінзи у цих окулярах? Який дефект зору компенсують ці окуляри?
- 30 (УЗЗ). Роздивляючись предмет через збільшувальне скло око найкраще розташовувати ближче до нього. Чому?
- 31 (УЗЗ). У яких випадках доцільно застосовувати збільшувальне скло?
- 32 (УЗЗ). Чому важко вдіти нитку у голку якщо дивитися одним оком?
- 33 (УЗЗ). Навіщо світлові сигнали часто роблять блимаючими (наприклад, у маяків)?
- 34 (УЗЗ). Навіщо водії в зустрічі автомобілів вимикають фари?
- 35 (УЗЗ). У темноті за швидкого руху розпеченої вуглини видно червону світлову смугу. Як це пояснити?

- 36 (ПВЗ). Чому дощ видається нам у вигляді струменів, хоча він складається з окремих крапель?
- 37 (ПВЗ). У туман лампа на ліхтарному стовпі здається повішеною вище, ніж завжди. Чому?
- 38 (ПВЗ). Чому вночі джерело світла здається ближчим, ніж воно віддалене від нас насправді?
- 39 (ПВЗ). Чому у телескоп можна бачити зірки вдень?
- 40 (УЗЗ). Як пояснити райдужні смуги, які спостерігаються у тонкому шарі гасу на поверхні води?
- 41 (УЗЗ). Нагрійте на спиртівці лезо безпечної бритви. Ви побачите на поверхні металу райдужне забарвлення, яке з'являється при нагріванні сталі до температури 220-350°C. Поясніть явище.
- 42 (УЗЗ). Чим пояснюється забарвлення крил бабок, жуків та інших комах?
- 43 (ПВЗ). Чому забарвлення крил комахи змінюється якщо його розглядати під різними кутами?
- 44 (УЗЗ). На поверхні компакт-диску, який розглядається під невеликим кутом, помітні кольорові смуги. Як пояснити це явище?
- 45 (УЗЗ). У виготовленні штучних перламутрових гудзиків на їх поверхню наносять дуже дрібні риски. Чому після такої обробки гудзик має райдужне забарвлення?
- 46 (УЗЗ). Під час досліду на розкладення світла у якості джерела світла застосовується вузька щілина, яка світиться. Чому?
- 47 (ПВЗ). Чому в процесі розглядання предмета крізь призму видно райдужну облямівку навколо предмету?
- 48 (ПВЗ). На екрані отриманий неперервний спектр від вузької щілини за допомогою призми. Як буде змінюватися спектр, якщо щілину розширювати?
- 49 (ПВЗ). Чому призма повного відбивання дає незабарвлене зображення?
- 50 (ПВЗ). Чому веселка має форму дуги?
- 51 (УЗЗ). Чи можна побачити веселку, знаходячись біля одного з її кінців?
- 52 (УЗЗ). Довжина хвилі червоного світла у воді дорівнює довжині хвилі зеленого світла у повітрі. Який колір людина побачить під водою, якщо вода освітлена червоним світлом?
- 53 (УЗЗ). Чи випромінює червоні промені шматок заліза, який нагрітий до білого розжарювання?
- 54 (УЗЗ). Часто говорять: "Температура в затінку дорівнює 25°C, а на сонці (на освітленій ділянці) 28°C". Чи має зміст таке твердження?

- 55 (УЗЗ). Промені світла падають на непрозоре тіло і поглинаються ним. Чи зникла енергія цих променів?
- 56 (ПВЗ). Чому темна пічка скоріше нагріває кімнату, ніж світла?
- 57 (УЗЗ). Пожежники носять на голові металеві блискучі каски. Чим це викликано?
- 58 (УЗЗ). У якому чайнику вода нагріється скоріше — у закіптявілому чи чистому (за інших однакових умов)?
- 59 (ПВЗ). Чому корабель, який прямує до тропічних країн, як правило, фарбують у світле забарвлення?
- 60 (УЗЗ). За законом Джоуля-Ленца кількість теплоти, яка виділяється струмом, пропорційна часу проходження струму по провіднику. Чому ж дроти, якими цілий вечір іде струм, не розжарюються?
- 61 (ПВЗ). Подум'я свічки, яке розглядається крізь пару, здається червоним. Чому?
- 62 (ПВЗ). Полум'я електричної дуги нешкідливе для зору, якщо дугу запалити у воді. Чому?
- 63 (УЗЗ). М.В. Ломоносов у одному з своїх записів ставить таке питання: “Будь-який колір від змочування водою робиться густішим. Чому? Треба поміркувати”. Як відповісти на це питання?
- 64 (УЗЗ). На білому фоні написаний текст синіми літерам. Через скло якого забарвлення неможливо побачити напис?
- 65 (УЗЗ). Чому небо вдень блакитне? Чому Сонце під час заходу червоного кольору?
- 66 (УЗЗ). Поясніть виникнення кольору синього скла, синього паперу, синього моря.
- 67 (УЗЗ). Чому у мілких місцях морська вода має зелене забарвлення?
- 68 (УЗЗ). Чому ліс на небокраї здається не зеленим, а зтягнутим блакитним серпанком?
- 69 (УЗЗ). Під час повного місячного затемнення Місяць трохи освітлений червоним світлом. Чому?
- 70 (УЗЗ). Якщо протягом тривалого часу (понад години) дивитися телевізор у затемненій кімнаті, то після увімкнення малопотужної лампи (15-25 Вт) білі предмети у кімнаті здаються жовто-помаранчевими. Чому?
- 71 (УЗЗ). Учень, який пояснює рівняння Ейнштейна для фотоэффекту, сказав: “Енергія світла, яке падає, дорівнює роботі виходу електронів і кінетичній енергії їх руху”. У чому неточність такої відповіді?

- 72 (УЗЗ). Чи можна фотографувати предмети у зовсім темній кімнаті?
- 73 (УЗЗ). Чому фотографічні знімки проявляють у червоному світлі?
- 74 (УЗЗ). Чому перекис водню зберігають у склянках з жовтого скла?
- 75 (УЗЗ). Синя квітка на звичайному фотографічному знімку здається світлішою за жовту, а червона може здаватися чорною. Чому?
- 76 (УЗЗ). Чому на знімках, які зроблені у інфрачервоних променях зелена рослинність виходить білою?
- 77 (УЗЗ). Яке основне перетворення енергії відбувається у телевізорі?
- 78 (УЗЗ). Тиск світла на чорну поверхню удвічі менший, ніж на білу. Чому?
- 79 (УЗЗ). Якщо комета помітна на небі увечері, то у яку сторону направлений її хвіст?
- 80 (УЗЗ). Чому на транспорті для сигналів уваги та заборони прийнятий червоний колір?

Розділ 6

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ОСНОВАМ АТОМНОЇ ФІЗИКИ

6.1. Будова атома

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

1 (ПВЗ). Чим відрізняються за своєю будовою ядра атомів радіоактивних елементів від ядер атомів звичайних елементів?

2 (ПВЗ). Яким чином можна прискорити чи сповільнити реакцію поділу ядер урану-235 в атомному реакторі?

3 (ПВЗ). Чому частинки, які випромінюються радіоактивними препаратами, не можуть викликати ядерних реакцій у важких елементах?

4 (УЗЗ). Будова атома (ядро + електрони) нагадує будову Сонячної системи (Сонце + планети). У чому їх відмінність?

5 (УЗЗ). Сьогодні можна здійснити мрію алхіміків Середньовіччя — перетворити ртуть на золото. Яким чином?

План:

6.1.1. Вимушене випромінювання світла. Квантові генератори.

6.1.2. Квантова механіка.

Навчально-методичні завдання:

- 1 (ПВЗ). Застосування квантової механіки.
- 2 (УЗЗ). Філософський аспект квантової механіки.
- 3 (УЗЗ). Взаємодія з іншими теоріями.
- 4 (УЗЗ). Тунельний ефект.
- 5 (П). Фізичний парадокс про kota Шредінгера.

6.1.1. Вимушене випромінювання світла. Квантові генератори

Атоми можуть знаходитись лише у строго визначених квантових станах, яким відповідають дискретні значення енергії W_1, W_2, \dots, W_n .

З точки зору квантової механіки стаціонарний стан атома повинен зберігатися як завгодно довго, якщо немає зовнішніх причин, які спричиняють зміну енергії атома. Проте дослід показує, що атом у збудженому енергетичному стані сам собою переходить у нормальний, не збуджений стан, випромінюючи світло. Таке випромінювання називається самочинним, або спонтанним випромінюванням (рис. 6.1).

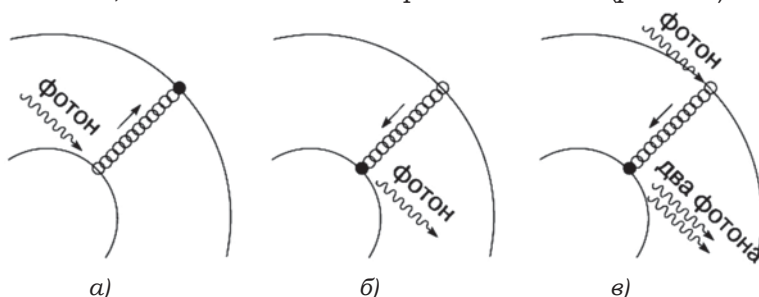


Рис. 6.1. Поглинання (а), спонтанне випромінювання (б), вимушене випромінювання (в)

Крім самочинних (спонтанних) переходів з одного енергетичного рівня на другий, спостерігаються також вимушені (індуковані) переходи, обумовлені дією падаючого випромінювання. Самочинні переходи відбуваються лише в одному напрямі — з більш високих енергетичних рівнів на нижчі енергетичні рівні. Вимушене випромінювання рівнозначно відбувається як в одному, так і в другому напрямі. У випадку переходу на більш високий енергетичний рівень атом поглинає квант енергії. У вимушеному випромінюванні із збуджених енергетичних рівнів випромінюються додаткові фотони, які називаються вимушеними або індукованими.

Важливо відмітити, що у вимушеному випромінюванні первинний і вторинний фотони є точними копіями один одного. Ще в 1916 р. Ейнштейн і Дірак довели, що вимушені (вторинні) фотони мають однакову частоту, фазу, поляризацію і напрям поширення. Вимушене випромінювання строго когерентне до падаючого. Ця особливість вимушеного випромінювання покладена в основу дії підсилювачів і генераторів світла, які називають лазерами.

Методи підсилення світла за рахунок вимушеного випромінювання були запропоновані ще в 1939 р. російським фізиком Фабрикантом, а в 1954 р. уже були побудовані прилади підсилення електромагнітних хвиль фізиками Басовим і Прохоровим і незалежно від них американським фізиком Таунсом. Ці прилади були названі мазерами. Вони працювали в сантиметровому діапазоні електромагнітних хвиль.

Перший лазер (оптичний квантовий генератор) створив Мейман (США) у 1960 р.

Для підсилення світла необхідно, щоб на вищому енергетичному рівні знаходилось більше електронів, ніж на нижчому. Вважають, що в цьому випадку відбувається інверсна заселеність рівнів. Тоді під час проходження через таку речовину електромагнітної хвилі з конкретною частотою, ця хвиля буде не слабшати, а навпаки, підсилюватись за рахунок індукованого випромінювання.

Новий фотон, що з'явиться внаслідок індукованого випромінювання, підсилює світло, яке проходить крізь середовище. Однак, необхідно мати на увазі, що крім індукованого випромінювання відбувається процес поглинання світла.

Для лазерної генерації використовують ще один елемент — оптичний резонатор. Оптичним резонатором у найпростішому випадку можуть бути два дзеркала, між якими розміщують рубіновий стержень. Одне із дзеркал є напівпрозорим. Всі ті фотони, які зародились і рухаються в напрямку осі лазера багаторазово відбиваються від дзеркал і в певний момент часу (кожні 10-30 с) разом з черговою лавиною вимушених фотонів у процесі переходу $W_2 - W_0$, випромінюються через напівпрозоре дзеркало у вигляді лазерного імпульсу. Потужність такого випромінювання в імпульсі може досягати $10^6 - 10^9$ Вт, а густина потоку світлової енергії $10^4 - 10^7$ кВт/м².

Першим газовим лазером безперервної дії став гелій-неоновий лазер, який було створено в 1961 р. У гелій-неоновому лазері накачку створюють у два етапи: гелій є носієм енергії збудження, а лазерне випромінювання дає неон.

Основні властивості лазерного випромінювання:

1. Високі часова і просторова когерентність. Час когерентності біля 10-30 с, а довжина когерентності становить 105 нм.
2. Висока монохроматичність ($\Delta\lambda = 10-11$ нм).
3. Велика потужність випромінювання (до 10^9 Вт).
4. Мала кутова розходженість у променях.

У більшості відомих на сьогодні лазерів ККД не перевищує 1%. Однак є лазери на основі неодиму з ККД біля 7% і потужний CO₂ лазер з ККД до 30%.

Лазери знайшли широке використання у різних галузях науки і техніки.

Серед прикладів використання лазерів:

- а) обробка металів, мікрозварювання, обробка алмазних виробів;
- б) безкровний лазерний скальпель на основі CO_2 -лазера в медицині;
- в) створення високотемпературної плазми, можливість термоядерного синтезу в майбутньому;
- г) різноманітна вимірювальна техніка, лазерні інтерферометри;
- д) створення і відтворення голограм;
- е) створення сучасних засобів зв'язку і т.д.

6.1.2. Квантова механіка

Квантова механіка — фундаментальна фізична теорія, що в описі мікроскопічних об'єктів розширює, уточнює і поєднує результати класичної механіки та класичної електродинаміки. Ця теорія є базою для багатьох напрямів фізики та хімії, включаючи фізику твердого тіла, квантову хімію та фізику елементарних частинок. Термін «квантова» (від лат. *quantum* — «скільки») пов'язаний з дискретними порціями, які теорія присвоює певним фізичним величинам, наприклад, енергії електромагнітної хвилі.

Механіка — наука, що описує рух тіл і співставленні йому фізичні величини, такі як енергія чи імпульс. Розвиток класичної механіки призвів до значних успіхів у розумінні навколишнього світу, однак вона має свої обмеження. Квантова механіка дає точніші і більш правдиві результати для багатьох явищ. Це стосується як явищ мікроскопічного масштабу (тут класична механіка не здатна пояснити навіть існування стабільного атома), так і деяких макроскопічних явищ, таких як надпровідність, надплинність чи випромінювання абсолютно чорного тіла. Вже впродовж століття існування квантової механіки її передбачення ніколи не були заперечені експериментом. Квантова механіка пояснює принаймні три типи явищ, яких класична механіка та класична електродинаміка не може описати:

1. Квантування деяких фізичних величин.
2. Корпускулярно-хвильовий дуалізм.
3. Існування змішаних квантових станів.

6.2. Радіоактивність

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (ЗЗ). Що називають радіоактивністю?
- 2 (ПВЗ). Які властивості та природа α -частинок, β -частинок, γ -випромінювання?
- 3 (УЗЗ). Чи може радіоактивний елемент одночасно бути джерелом α -частинок, β -частинок? Коли випромінюються γ -промені?
- 4 (ПВЗ). Сформулювати і записати правила зміщення для α -розпаду.
- 5 (ПВЗ). Сформулювати і записати правила зміщення для β -розпаду.
- 6 (ПВЗ). Які елементарні частинки випускаються в α - і β -розпадах?
- 7 (ПВЗ). Які з відомих вам законів збереження виконуються під час радіоактивних перетворень?
- 8 (УЗЗ). Що називають періодом піврозпаду радіоактивної речовини? Що він характеризує?

План:

- 6.2.1. Камера Вільсона.
- 6.2.2. Природа радіоактивних променів.
- 6.2.3. Прискорювачі.

Навчально-методичні завдання:

- 1 (ПВЗ). Який ізотоп утворюється з радіоактивного ізотопу Літію ${}^6_3\text{Li}$ після одного α -розпаду?
- 2 (УЗЗ). Скласти порівняльну таблицю різних видів радіоактивного випромінювання.
- 3 (ПВЗ). Який ізотоп утворюється з радіоактивного ізотопу Літію ${}^8_3\text{Li}$ після одного β -розпаду?
- 4 (ПВЗ). Який ізотоп утворюється з радіоактивного ізотопу Марганцю ${}^{56}_{25}\text{Mn}$ після одного β -розпаду?
- 5 (П). Провести диспут про фізичний парадокс — ката Шредінгера.
- 6 (УЗЗ). Вивести формулу закону радіоактивного розпаду. Який характер цього розпаду?
- 7 (ПВЗ). Навести приклади періодів піврозпаду деяких радіоактивних елементів.

6.2.1. Камера Вільсона

Камера Вільсона — детектор треків швидких заряджених частинок, у якому використовується здатність іонів виконувати роль зародження водяних крапель у переохолодженій перенасиченій парі.

Для створення переохолодженої пари використовується швидке адіабатичне розширення, що супроводжується різким пониженням температури.

Швидка заряджена частинка, рухаючись крізь хмару перенасиченої пари, іонізує її. Процес конденсації пари відбувається швидше у місцях утворення іонів. Як наслідок, там, де пролетіла заряджена частинка утворюється слід із крапельок води, який можна сфотографувати.

Камери Вільсона зазвичай поміщають у магнітне поле, в якому траєкторії заряджених частинок викривляються. Визначення радіусу кривини траєкторії дозволяє визначити відношення питомого електричного заряду частинки, а, отже, ідентифікувати її.

Камеру винайшов у 1911 році шотландський фізик Чарльз Вільсон. За винахід камери Вільсон отримав Нобелівську премію з фізики за 1927 рік. У 1948 р. за вдосконалення камери Вільсона і проведені з нею дослідження Нобелівську премію отримав Патрік Блекетт.

6.2.2. Природа радіоактивних променів

Радіоактивність — явище мимовільного перетворення нестійкого ізотопу хімічного елементу в інший ізотоп (зазвичай іншого елемента) (радіоактивний розпад) через випромінювання гамма-квантів, елементарних частинок або ядерних фрагментів.

Радіоактивність відкрив у 1896 р. Антуан Анрі Беккерель. Сталося це випадково. Учений працював із солями урану і загорнув свої зразки разом із фотопластинами в непрозорий матеріал. Фотопластини виявилися засвіченими, хоча доступу світла до них не було. Беккерель зробив висновок про невидиме око випромінювання солей урану. Він дослідив це випромінювання і встановив, що інтенсивність випромінювання визначається тільки кількістю урану в препараті і абсолютно не залежить від того, в які сполуки він входить. Тобто, ця властивість характерна не сполукам, а хімічному елементу урану.

У 1898 р. Гергард Шмідт і П'єр Кюрі та Марія Склодовська-Кюрі відкрили випромінювання торію. Пізніше Кюрі відкрили полоній і радій. У 1903 році подружжю Кюрі було присуджено Нобелівську премію. На сьогодні відомо близько 40 природних елементів, яким властива радіоактивність.

Також, у даний час, крім альфа-, бета- і гама-розпадів, помічено розпади з емісією нейтрона, протона (а також двох протонів), кластерна радіоактивність, спонтанний поділ, електронний захват, позитронний розпад (або $\beta + \gamma$ -розпад), а також подвійний бета-розпад (і його види), зазвичай, вважаються різними типами бета-розпаду.

Всі хімічні елементи з атомним номером, більшим за 83 — радіоактивні.

Природна радіоактивність — спонтанний розпад ядер елементів, що зустрічаються в природі.

Штучна радіоактивність — спонтанний розпад ядер елементів, отриманих штучним способом, через відповідні ядерні реакції.

6.2.3. Прискорювачі

Прискорювач заряджених частинок — пристрій для отримання заряджених частинок (електронів, протонів, іонів) великих енергій. Прискорення досягається за допомогою електричного поля, здатного змінювати енергію частинки, що мають електричний заряд. Водночас, магнітне поле може лише змінити напрям руху заряджених частинок, не змінюючи величини їх швидкості, тому в прискорювачах воно застосовується для керування рухом частинок.

Сучасні прискорювачі сягають величезних розмірів. Шлях, який проходять прискорювальні частинки, може перевищувати десятків кілометрів.

Найпростіший прискорювач складається з джерела заряджених частинок, які рухаються в полі, створеному двома електродами. Енергія, якої набувають частинки в проміжку між електродами, визначається різницею потенціалів електродів. Таким чином, для того, щоб надати частинкам якомога більшої енергії, необхідно створити велику постійну різницю потенціалів між електродами. Це складання завдання, оскільки потенціали електродів обмежені їхньою ємністю та виникненням різноманітних газових розрядів (коронного, іскрового тощо). Найбільші значення різниці

потенціалів, які можна досягнути в такому простому прискорювачі не перевищують кількох мегавольт (електростатичний генератор ван де Граафа).

Головними характеристиками прискорювача є енергія частинок і інтенсивність, тобто кількість частинок, що вилітають за одну секунду. Інтенсивність часто характеризують повним електричним струмом, який утворюється пучком. Для одержання струму слід помножити число частинок, що вилітають за одну секунду, на заряд окремої частинки.

6.3. Атомні ядра і ядерна енергія

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

1 (ПВЗ). Під час анігіляції електрона і позитрона утворилось два однакових γ -кванти. Знайти довжину хвилі, нехтуючи кінетичною енергією частинок до реакції.

2 (УЗЗ). Унаслідок поділу одного ядра ${}^{235}_{92}\text{U}$ на два осколки виділяється близько 200 МеВ енергії. Яка кількість енергії вивільняється під час «спалювання» в ядерному реакторі 1 г цього ізотопу? Яку кількість кам'яного вугілля треба спалити, щоб дістати таку саму кількість енергії?

3 (УЗЗ). Яка електрична потужність атомної електростанції, що витрачає за добу 220 г ізотопу ${}^{235}_{92}\text{U}$ і має ККД 25%?

План:

6.3.1. Джерело енергії зірок.

6.3.2. Атомна і воднева бомби.

6.3.3. Уранові реактори та їх використання.

Навчально-методичні завдання:

1 (ПВЗ). Провести евристичні бесіди на теми:

а) α , β , γ -проміння.

б) Будова атомного ядра. Енергія зв'язку атомних ядер.

в) Ланцюгова ядерна реакція. Ізотопи.

г) Правила зміщення.

д) Поділ ядер Урану.

е) Коефіцієнт розмноження нейтронів. Утворення Плутонію.

2 (УЗЗ). Продовжити. «Фахівці стверджують, що споживання енергії можна скоротити: у побуті — на 34%; на транспорті — на 24%; у малому товарному виробництві — на 22%; у промисловості — на 13-33%. Зі споживаної в побуті енергії 79 % припадає на опалення приміщень (зниження температури повітря в помешканнях лише на 1% дасть змогу економити 5% енергії на опалення), 15% — на теплові процеси (нагрівання води, приготування їжі, прання тощо), 5% споживається побутовою технікою, 1% витрачається на освітлення, роботу телевізора...».

6.3.1. Джерело енергії зірок

Справжня проблема полягає в тому, що зірки світять дуже і дуже довго. За цей час вони встигають висвітити дійсно величезні кількості енергії. Звідки ж вона черпається?

Простий енергетичний розрахунок показав, що в Сонця вигорання водню в його центральній частині займе близько 10 млрд. років. Проблема джерел енергії Сонця і переважної більшості зірок, зокрема, всіх зірок, так званої, головної послідовності, була, тим самим, остаточно вирішена. Однак, її рішення відразу ж дало і інший, найважливіший для всієї астрономії результат: стало зрозуміло, що народження зірок — це безперервний процес, який відбувається буквально на наших очах. Так як запаси ядерної енергії, очевидно, пропорційні масі зірки, а темп її витрачання — світність зірки — пропорційна, кубу маси, тоді всі масивні зірки повинні бути за астрономічними мірками зовсім молодими. Взявши за приклад масивну зірку γ Лебедя, вчений Бете в своїй епохальній роботі прийшов до висновку, що вік цієї зірки повинен бути менше $3,5 \cdot 10^7$ років. «Доводиться припустити, що γ Лебедя і подібні їй інші масивні зірки народилися порівняно недавно», — писав він у 1939 р. Ототожнення джерел енергії зірок відкрило прямий шлях до розуміння еволюції зірок — іншому великому досягненню природознавства ХХ століття.

Оскільки водень — основна складова зоряної речовини (близько 70% по масі) і оскільки в процесі синтезу гелію виділяється велика частина ядерної енергії, запасеної в речовині, основну частину свого життя зірки світять, спалюючи водень. Подальші стадії ядерного горіння, що починаються з вельми нетривіального процесу — злиття трьох альфа-частинок у ядро — важливі, мабуть, у першу чергу, не з точ-

ки зору енергетики, у цьому відношенні нічого принципово нового тут немає. Набагато важливіше інше: як з'ясувалося в 50-і роки, на цих наступних етапах ядерного життя зірок стався (і продовжує відбуватися) синтез усіх «важких» елементів, крім водню і частково гелію. Ці останні дісталися нам від Великого Вибуху. Оскільки саме важкі елементи — це основа життя, без перебільшення можна сказати, що першим принциповим кроком до створення можливості появи життя у Всесвіті стали ті ядерні процеси, які відбуваються в надрах зірок після вигорання там водню.

6.3.2. Атомна і воднева бомби

Ядерна або атомна бомба — бомба, руйнівна сила якої отримується розщепленням ядра атома у результаті ланцюгової ядерної реакції. Є першим різновидом ядерної зброї та належить до зброї масового ураження.

Історія. Вперше атомну бомбу було розроблено в 1940-х у США. Перше випробування здійснено 16 липня 1945 року на полігоні неподалік Аламогордо (штат Нью-Мексико).

Дві бомби було скинуто на японські міста Хіросіма і Нагасакі наприкінці Другої світової війни.

Основа атомної бомби становить заряд, що складається з речовини, атомне ядро якої здатне до розщеплення. Наразі можуть використовуватися три такі речовини. Це ізотопи урану з масовими числами 235 або 233 та ізотоп плутонію із масовим числом 239. Самопідтримувана ланцюгова реакція поділу атомних ядер стає можливою, коли маса речовини перевищує деяку критичну межу. Для урану-235 критична маса становить близько 40 кг, для плутонію-239 — 10-13 кг. Вона залежить від точного ізотопного складу, щільності матеріалу та навіть його форми. Щоб запобігти передчасному вибухові, у перших зразках загальна маса атомного заряду вкладалася в корпус бомби окремими частинами, нарізно. Кожна з частин мала масу, меншу за критичну. У потрібний момент за допомогою детонатора і звичайної вибухівки частини поєднувалися і відбувався атомний вибух. Схему бомби, що реалізує такий найпростіший «гарматний» механізм, наведено на *рисунок 6.2*.

У сучасних ядерних зарядах застосовують складнішу схему сферичної імплोजії. У центрі сфери розташовано нейтронний ініціатор. Його оточено шаром ядерної речовини, що у звичайних умовах має масу менше критичної. Вона,

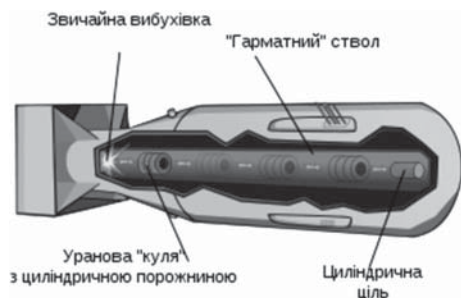


Рис. 6.2. Принцип дії найпростішої атомної бомби гарматного типу

у свою чергу, оточена оболонкою з матеріалу, що відбиває нейтрони. Зовнішній шар складають з лінз звичайної вибухівки (тринітротолуол, гексоген тощо) зі складною системою детонаторів, яка забезпечує сферичну концентрацію вибухової хвилі. Вибухова хвиля стискає атомний заряд і, таким чином, переводить його у надкритичний стан (за рахунок збільшення щільності). Крім того розбивається нейтронний ініціатор, що надає потужний поштовх для початку ядерної реакції.

У процесі конструювання атомних бомб надзвичайно велика увага приділяється запобіганню всьляким випадковостям, що можуть ініціювати мимовільний вибух. Це призводить до значного ускладнення конструкції.

Починаючи з другої половини 40-х років у США зростаючими темпами почали розвиватися роботи щодо вивчення інших можливостей виробництва ядерної зброї не тільки на основі процесу поділу, але також і ядерного синтезу. Через 8 років після атомної бомби з'явилася воднева бомба, вибух якої є результатом реакції з'єднання — синтезу ізотопів водню (дейтерію і тритію). Потужність вибуху водневої бомби у тисячі разів перевищувала потужність бомб, скинутих на японські міста. У процесі вибуху водневої бомби, окрім ударної хвилі, вогневого смерчу і всіх видів випромінювання, як в атомній бомбі, утворюється потужний потік швидких нейтронів, які можуть викликати реакцію поділу ядер урану-238.

Для протікання термоядерної реакції необхідно ізотопи водню нагріти до температури у декілька мільйонів градусів. Така висока температура виникає під час вибуху уранового або плутонієвого заряду. Тому звичайний атомний заряд (атомний детонатор) є складовою термоядерних зарядів і служить джерелом надвисокої температури.

За підрахунками американського вченого Ф. Каплана, потужність вибуху такої бомби розподіляється так: близько 50% енергії зосереджено в ударній хвилі, 35% — у тепловому випромінненні, 5% — у проникаючій (радіоактивній) ра-

діації і 10% приходиться на долю залишкової радіації (радіоактивні осколки, що заражають місцевість).

В основу термоядерної зброї покладено утворення (синтез) ядер атомів гелію з ядер ізотопів водню і літію. У перших термоядерних бомбах у якості ядерного заряду застосовували тільки ізотопи водню. Зараз відомо декілька можливих реакцій синтезу. У процесі вибору тієї чи іншої з них, звичайно, враховують температуру, за якої протікає реакція, тривалість реакції і її енергетичний вихід, агрегатний стан заряду перед реакцією (рідкий, твердий) й інші фактори.

6.3.3. Уранові реактори та їх використання

Людство зробило істотний крок уперед, освоївши ядерну енергію. У 1942 р. під керівництвом Е. Фермі в США було збудовано перший ядерний реактор, в якому ланцюгова реакція поділу ядер атомів Урану стала керованою. Це дало поштовх бурхливому розвитку атомної (ядерної) енергетики.

Перший в Європі ядерний реактор було збудовано в 1946 році під керівництвом І.В. Курчатова в Обнінську (Росія).

Ядерний реактор складається з: активної зони, де відбувається ядерна реакція, поглиначів нейтронів, захисного кожуха, парогенератора, турбіни та електричного генератора (рис. 6.3).

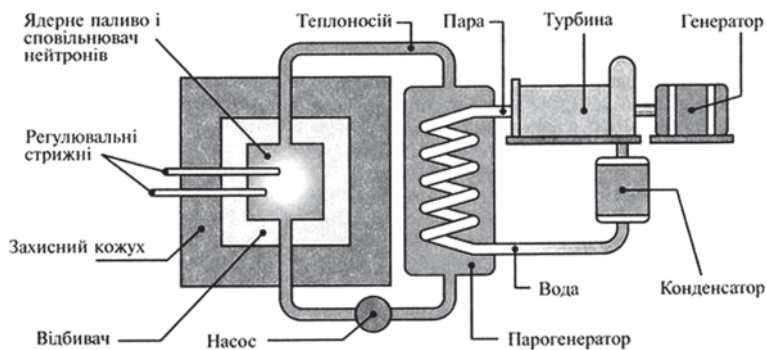


Рис. 6.3. Схема ядерного реактору

Принцип його дії полягає у використанні вивільненої, внаслідок ядерної реакції, енергії для здобуття електричної напруги (рис. 6.4). В активну зону завантажують ядерне паливо — збагачений уран, у вигляді тепловидільних елементів, які утворюють правильну ґратку, і речовину, що гальмує нейтрони (графіт або так звану важку воду), оскільки ядра нукліда урану-235 краще захоплюють повільні нейтрони.

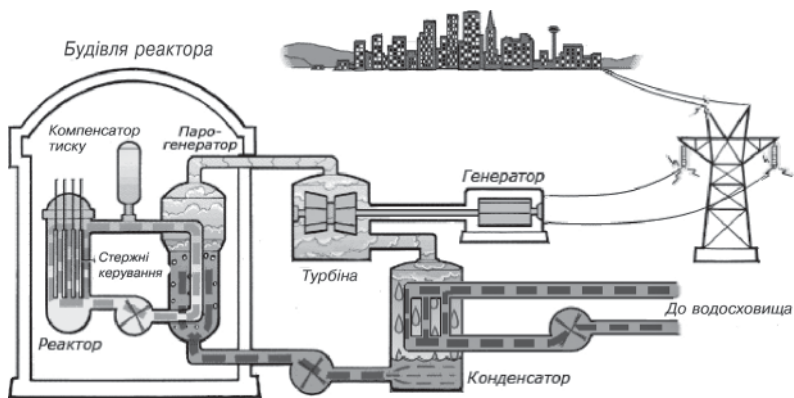


Рис. 6.4. Принцип дії реактора

Щоб ланцюгова реакція була керованою, необхідно регулювати число нейтронів в активній зоні. З цією метою до неї вводять регулювальні стрижні з матеріалу, який добре вбирає нейтрони (Кадмій, Бор). Зміною глибини їх уведення регулюють потік нейтронів, а отже, керують перебігом ланцюгової реакції.

Енергія, що виділяється в результаті поділу ядер атомів урану, за допомогою теплоносія передається парогенератору.

Вироблена ним водяна пара спрямовується на лопаті парової турбіни, сполученої з генератором, який виробляє електроенергію. Так після кількох перетворень енергія, що вивільняється внаслідок поділу атомних ядер, стає електричною. Електромережами вона потрапляє до споживачів.

Ядерні реактори є основою атомних електростанцій (АЕС). У світі налічується понад 1000 ядерних енергетичних установок. Атомна енергетика вважається економічно найвигіднішою і високотехнологічною. Вона використовує останні досягнення науки, сучасні автоматизовані системи керування технологічним процесом на основі комп'ютера, потребує високої кваліфікації працівників. Експлуатація АЕС потребує запровадження широкого спектра засобів контролю і радіаційної безпеки, оскільки в разі нехтування ними, наслідки можуть бути катастрофічними. 26 квітня 1986 р. унаслідок грубого порушення технологічного циклу роботи ядерного реактора на Чорнобильській АЕС сталася аварія. Загинули люди, наслідки цієї трагедії відчуються дотепер.

6.4. Елементарні частинки

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (РГ). Що таке період піврозпаду?
- 2 (РГ). Що таке активність радіонуклідного зразка?
- 3 (ПВЗ). У чому виявляється біологічна дія радіації на живі організми?
- 4 (РГ). Дати визначення поглинутої дози іонізуючого випромінювання. У яких дозах її вимірюють?
- 5 (ПВЗ). Розказати про будову та принцип дії іонізуючого дозиметра.

План:

- 6.4.1. Парадокс годинника.
- 6.4.2. Космічні промені.

Навчально-методичні завдання:

- 1 (ПВЗ). Алюмінієвий лист був опромінений радіоактивним випромінюванням і поглинув дозу 0,5 Гр. На скільки нагрівся лист?
- 2 (ПВЗ). Які експериментальні методи спостереження і реєстрації заряджених частинок ви знаєте?
- 3 (УЗЗ). Дати характеристику:
 - а) лічильнику Гейгера;
 - б) камері Вільсона;
 - в) бульбашкової камери;
 - г) методу товстошарових фотоемульсій.
- 4 (УЗЗ). Яка біологічна дія іонізуючих випромінювань?
- 5 (УЗЗ). Електрон набув у прискорювачі елементарних частинок швидкість 0,995 с. Чому дорівнюватиме його маса?
- 6 (ПВЗ). Яку додаткову кінетичну енергію треба надати електрону, щоб його маса змінилася вдвічі?
- 7 (ПВЗ). На скільки збільшиться маса води, якщо 100 кг її нагріти на 100 К у сталому об'ємі?
- 8 (ПВЗ). Чому тривалий час залежність маси тіла від його швидкості експериментально не була доведена?
- 9 (ПВЗ). Як залежить маса тіла, що рухається, від його маси спокою?
- 10 (П). У чому виявляється універсальність формули взаємозв'язку маси та енергії?

6.4.1. Парадокс годинника

Парадокс близнюків — уявний експеримент, за допомогою якого намагаються «довести» суперечливість спеціальної теорії відносності. Згідно спеціальної теорії відносності, з точки зору «нерухомих» спостерігачів всі процеси у рухомих об'єктів сповільнюються. З іншого боку, принцип відносності декларує рівноправність інерційних систем відліку. На підставі цього будується міркування, що приводить до удаваного протиріччя. Для наочності розглядається історія двох братів-близнюків. Один з них (далі мандрівник) вирушає в космічний політ, другий (далі домосід) — залишається на Землі. Найчастіше «парадокс» формулюється наступним чином:

Формулювання I. З точки зору домосіда годинник мандрівника рухається в уповільнений хід часу, тому під час повернення мандрівника, він повинен відстати від годинника домосіда. З іншого боку, щодо мандрівника, — рухалася Земля, тому відстати повинен годинник домосіда. Насправді, брати рівноправні, отже, після повернення мандрівника, їх годинники повинні показувати один час.

Тим не менше, згідно спеціальної теорії відносності відсталими виявляться годинник мандрівника. У такому порушенні видимої симетричності братів і вбачається протиріччя.

Фізична причина парадоксу. Під час польоту мандрівник і домосід знаходяться в різних точках простору і не можуть порівнювати свої годинники безпосередньо. Тому, як і вище, будемо вважати, що вздовж траєкторії руху мандрівника в «нерухомій» системі, пов'язаній з домосідом, розставлені однакові, синхронно працюючі годинники, які може спостерігати мандрівник під час польоту. Завдяки процедурі синхронізації в «нерухомій» системі відліку введено єдиний час, визначальний у даний момент «справжній» час цієї системи.

Після старту мандрівник «переходить» у інерційну систему відліку S' , що рухається щодо «нерухомої» S зі швидкістю V . Цей момент часу приймається братами за початковий $t = t' = 0$. Кожен з них буде спостерігати уповільнений хід годинника іншого брата.

Однак, єдине «справжнє» системи S для мандрівника перестає існувати. У системі відліку S' є своє «справжнє» (безліч синхронізованих годинників). Для системи S' , чим далі за ходом руху мандрівника знаходяться частини системи S , тим у більш віддаленому «майбутньому» (з точки зору «справжнього» системи S) вони знаходяться.

Безпосередньо, це «майбутнє» спостерігати мандрівник не може. Це могли б зробити інші спостерігачі системи S' ,

розташовані попереду руху, і вони мають синхронізований з мандрівником час.

Тому, хоча всі годинники в нерухомій системі відліку, повз яких пролітає мандрівник, йдуть з його точки зору повільніше, з цього не випливає, що вони відстануть від його годинника.

У момент часу $t' = 0$, чим далі попереду курсу знаходяться «нерухомі» годинники, тим більше їх правдиве свідчення, з точки зору мандрівника. Коли він досягає цих годин, вони не встигнуть відстати настільки, щоб компенсувати початкову розбіжність у часі.

Дійсно, покладемо координату мандрівника рівній $x' = 0$ в перетвореннях Лоренца. Закон його руху відносно системи S має вигляд $x = Vt$. Час, що минув після початку польоту, відносно годин у системі S' менше, ніж у S :

$$t' = \frac{t - V(Vt)/c^2}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} = t \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} < t.$$

Іншими словами, час на годиннику мандрівника t' відстає від показів годин t системи S . У той же час годинник, повз яких пролітає мандрівник, нерухомі в S : $\Delta x = 0$. Тому, темп ходу годинника для мандрівника виглядає уповільненим:

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} > \Delta t.$$

Таким чином: незважаючи на те, що всі конкретні години в системі S йдуть повільніше, з точки зору спостерігача в S' , різні години уздовж його траєкторії будуть показувати час, що «пішов уперед».

Різниця темпу ходу годин Δt і $\Delta t'$ — ефект відносний, тоді як значення поточних показань t і t' , в одній просторовій точці — носять абсолютний характер. Спостерігачі, що знаходяться в різних інерційних системах відліку, але «в одній» просторової точці, завжди можуть порівняти поточні показання своїх годин. Мандрівник, пролітаючи повз годинник системи S бачить, що він «пішов уперед», $t > t'$. Тому, якщо мандрівник вирішить зупинитися (швидко загальмувавши), нічого не зміниться, і він потрапить у «майбутнє» системи S . Природно, після зупинки темп ходу його годинника і годинника в S стане однаковим. Однак, годинник мандрівника буде показувати менший час ніж годинник системи S , який знаходяться в точці зупинки. В силу

єдиного часу в системі S , годинник мандрівника відстане від усіх годинників S , у тому числі й від годинника його брата. Після зупинки, мандрівник може повернутися додому. У цьому випадку весь аналіз повторюється. У результаті, як у точці зупинки та розвороту, так і у вихідній точці в процесі повернення, мандрівник визначається як молодший від свого брата-домосіда.

Якщо ж замість зупинки мандрівника, до його швидкості прискориться домосід, то останній (домосід), «потрапить» у «майбутнє» системи мандрівника. У результаті, домосід виявиться молодше брата-мандрівника. Таким чином: хто змінює свою систему відліку, той і виявляється молодшим.

6.4.2. Космічні промені

Космічні промені — природна радіоактивність космосу. Являє собою потік заряджених частинок високих енергій, що падають на Землю з космічного простору (первинні промені), а також потік вторинних частинок, що народилися в реакціях у верхніх шарах земної атмосфери.

Можна виділити дві великі категорії космічних променів: первинні та вторинні. Космічні промені від позасонячних астрофізичних джерел є первинними космічними променями; вони можуть взаємодіяти з матерією міжзоряного середовища і утворювати вторинні космічні промені. Сонце також продукує космічні промені невисоких енергій, переважно під час сонячних спалахів. Точний склад первинних космічних променів, поза атмосферою Землі, залежить від діапазону спостережуваного енергетичного спектру. Загалом, майже 90% всіх космічних променів, що надходять, складають протони, близько 9% ядра гелію (альфа-частинки) та майже 1% — електрони. Залишок складають інші важчі ядра, які є продуктами зоряних реакцій ядерного синтезу. Вторинні космічні промені складаються з легких ядер, які не є продуктами життєдіяльності зірок, але є результатом Великого Вибуху, це переважно літій, берилій і бор. Цих легких ядер значно більший вміст у космічних променях (співвідношення приблизно 1:100 частинок), а ніж у сонячній атмосфері, де їхній вміст становить близько 10^{-7} вмісту ядер гелію.

Ці відмінності у вмісті є наслідком процесів формування вторинних космічних променів. У взаємодії важких ядер первинних космічних променів, наприклад, ядер карбону

та кисню, з матерією міжзор'яного середовища, вони розпадаються на легші ядра (у так званому процесі розпаду космічних променів), літій, берилій та бор. Спостереження вказують на те, що енергетичні спектри літій, берилію та бору спадають дещо крутіше, а ніж спектри карбону та кисню, що вказує на те, що розпад ядер з більшою енергією трапляється рідше, імовірно внаслідок їхнього виходу з-під дії галактичного магнітного поля.

У минулому вважалося, що космічні промені зберігають свій потік сталим. Недавні ж дослідження дали докази 1,5-2 тисячолітніх змін у потоці космічних променів протягом останніх сорока тисяч років.

6.5. Завдання для самоконтролю

- 1 (ПВЗ). Як виглядає графік залежності спаду активності радіоактивного елемента від часу?
- 2 (УЗЗ). Побудуйте схему будови лічильника Гейгера-Мюллера і поясніть принцип його роботи.
- 3 (УЗЗ). Побудуйте схему камери Вільсона і поясніть принцип її дії.
- 4 (УЗЗ). Поясніть принцип дії бульбашкової камери. Які переваги бульбашкової камери перед камерою Вільсона?
- 5 (УЗЗ). У чому полягає сутність методу товстошарових фотоемулсій?
- 6 (УЗЗ). Яка будова спіктарископу? Поясніть сутність методу сцинтиляцій.
- 7 (УЗЗ). Що називають поглиненою дозою випромінювання? Яка формула виражає зміст поняття? Яка одиниця вимірювання поглиненої дози випромінювання в СІ?
- 8 (УЗЗ). Що називають потужністю поглиненої дози випромінювання? Яка формула виражає зміст цього поняття? Яка одиниця вимірювання потужності поглиненої дози випромінювання в СІ?
- 9 (ПВЗ). Що називають експозиційною дозою випромінювання? Які одиниці її виміру?
- 10 (ПВЗ). Що розуміють під потужністю експозиційної дози випромінювання? Які одиниці її вимірювання?
- 11 (УЗЗ). Що таке граничнодопустима доза опромінення? Чому вона дорівнює?
- 12 (ПВЗ). Якими приладами заміряють поглинену дозу випромінювання?

- 13 (РГ). Що таке елементарні частинки?
- 14 (ПВЗ). Який головний факт існування елементарних частинок?
- 15 (УЗЗ). Назвіть всі стабільні елементарні частинки.
- 16 (УЗЗ). Чи всі елементарні частинки мають античастинку? Чим відрізняється античастинка від частинки?
- 17 (УЗЗ). Назвіть класифікацію найбільш довгоживучих частинок. (Під час відповіді використовуйте таблицю елементарних частинок).
- 18 (УЗЗ). Які типи фундаментальних взаємодій ви знаєте?
- 19 (П). Що загального можна сказати про механізм усіх фундаментальних взаємодій?
- 20 (УЗЗ). Що є носієм гравітаційної взаємодії?
- 21 (УЗЗ). За допомогою чого здійснюється електромагнітна взаємодія між зарядженими частинками, і що є переносником цієї взаємодії?
- 22 (П). За рахунок чого здійснюється взаємодія між протонами і нейтронами у разі сильної взаємодії?
- 23 (УЗЗ). Що таке кварки?

Розділ 7

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ СУЧАСНІЙ ФІЗИЧНІЙ КАРТИНІ СВІТУ

7.1. Альтернативні джерела енергії

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (ПВЗ). Розказати про роботу припливної електростанції.
- 2 (ПВЗ). Розказати про охорону навколишнього середовища у сільському господарстві.
- 3 (ПВЗ). Малі річки України. У чому їх користь?
- 4 (УЗЗ). Конструктивно-географічні основи природокористування в Україні.
- 5 (УЗЗ). Екологія в світі: проблеми і перспективи.

План:

- 7.1.1. Енергія води
- 7.1.2. Енергія вітру
- 7.1.3. Енергія Сонця

Навчально-методичні завдання:

- 1 (ПВЗ). Підготувати доповіді на тему:
 - а) Загальна інформація про Сонце.
 - б) Сонце — генератор.
 - в) Дослідження сонячної енергії.
- 2 (УЗЗ). Створити комп'ютерні презентації на теми:
 - а) Енергетичні ресурси Океану.
 - б) Термальна енергія.
 - в) Енергія припливів.
 - г) Енергія хвиль.
 - д) Енергія течій.
 - е) «Солона» енергія.
- 3 (УЗЗ). Проаналізувати джерела з проблеми енергозбереження і провести бесіду в аудиторії.

7.1.1. Енергія води

Проблема забезпечення електричною енергією багатьох галузей світового господарства, постійно зростаючих потреб населення світу, стає дедалі більш актуальною.

Основу сучасної енергетики становлять тепло- і гідроелектростанції. Проте їхній розвиток стримується низькою чинників. Вартість вугілля, нафти і теплових станцій, зростає, а природні ресурси цих видів палива скорочуються.

Із середини ХХ століття почалося вивчення енергетичних ресурсів океану, енергії вітру, сонячної енергії, які поновлюються.

Океан — гігантський акумулятор і трансформатор сонячної енергії, який перетворює енергію в енергію течій, тепла й вітрів. Енергія припливів — результат дії приливотворювальних сил: Місяця й Сонця.

Енергетичні ресурси океану складають велику цінність як поновлювальні та практично невичерпні. Досвід експлуатації океанської енергетики, і сонячних, і вітрових систем показує, що вони не приносять будь-якої відчутної шкоди навколишньому середовищу. Під час проектування майбутніх систем енергетики старанно досліджується їх вплив на екологію.

Оскільки сонячне випромінювання — рушійна сила кругообігу води в природі, енергія води, або гідроенергія, також відноситься до перетвореної енергії Сонця. Вода, що ще в стародавності використовувалась для здійснення механічної роботи, дотепер залишається сильним джерелом енергії — тепер уже електричної — для нашої промислової цивілізації.

Енергія падаючої води, що обертає водяне колесо, служила безпосередньо для розмелу зерна, розпилювання деревини і виробництва тканин. Однак млини і лісопилки на наших річках стали зникати, коли у вісімдесятих роках позаминого століття почалося виробництво електроенергії з водоспадів.

Найбільш поширеним видом отримання електроенергії з води на сьогоднішній день є використання ГЕС — гідроелектростанцій. Використовуючи перепад висоти, на річці встановлюються турбіни, які обертають потоки води, які спадають з штучних річкових морів у нижчі сходинки русла.

У припливах і відпливах, що змінюють один одного двічі на день, також зосереджена величезна енергія. Припливи — це результат гравітаційного притягання великих мас води океанів з боку Місяця і, у меншому ступені, Сонця. В обертанні Землі, частина води океану піднімається, і якийсь час утримується в цьому положенні гравітаційним притяганням. Коли «горб» підйому води досягає суші, як це повинно

відбуватися, внаслідок обертання Землі, настає приплив. Подальше обертання Землі послабляє вплив Місяця на цю частину океану, і приплив спадає. Припливи і відпливи повторюються двічі на добу, хоча їхній точний час змінюється в залежності від сезону і положення Місяця.

7.1.2. Енергія вітру

Використання будь-якого виду енергії і виробництво електроенергії супроводжується утворенням багатьох забруднювачів води і повітря. Перелік таких забруднювачів на диво довгий, а їхні кількості надзвичайно величезні.

Цілком природно виникає питання, чи завжди використання енергії і виробництво електроенергії повинне супроводжуватися руйнуванням навколишнього середовища. І якщо правда, що будь-який вид людської діяльності неминуче впливає на природу, то ступінь цієї шкоди різний. Ми не можемо не впливати на середовище, у якому живемо, оскільки для підтримки життєвих процесів, як таких, необхідно поглинати і використовувати енергію. Людина, безумовно, впливає на навколишнє середовище. Однак, у природі існують природні механізми, що врівноважують і підтримують середовище, коли всі зміни відбуваються досить повільно. Проте, у багатьох випадках, господарська діяльність людини порушує рівновагу, підтримувану цими механізмами, що призводить до швидких змін умов навколишнього середовища, з якими ні людина, ні природа не можуть успішно впоратись.

Традиційне виробництво енергії, що дає величезні кількості забруднювачів води і повітря, — один з видів такої діяльності людини.

У пошуках альтернативних джерел енергії в багатьох країнах чимало уваги приділяють вітроенергетиці. Вітер служив людству протягом тисячоліть, забезпечуючи енергією вітрильні судна, розмел зерна і перекачування води. У теперішній час головне місце займає виробництво електроенергії. Уже сьогодні в Данії вітроенергетика покриває близько 2% потреб країни в електроенергії. У США на декількох станціях працює близько 17 тисяч вітроагрегатів загальною потужністю до 1500 МВт.

Вітроенергетичні пристрої випускаються не тільки в США і Данії, але і у Великій Британії, Канаді, Японії та деяких інших країнах.

Для того, щоб будівництво вітроелектростанції виявилось економічно виправданим, необхідно, щоб середньорічна швидкість вітру в даному районі складала не менш 6 м/с. У нашій країні вітряки можна будувати на узбережжях Чорного і Азовського морів, у степових районах, а також у горах Криму і Карпат. У теперішню епоху високих технологій можна вважати, що вітродвигуни виявляться конкурентноздатними за вартістю споживання, і зможуть брати участь у задоволенні енергетичних потреб країни.

7.1.3. Енергія Сонця

Сонячна радіація — енергія випромінювання Сонця — є основним джерелом енергії атмосферних процесів; вона вимірюється кількістю тепла і виражається в мегаджоулях на 1 м². Промениста енергія Сонця досягає земної поверхні, проникаючи через шари атмосфери, що частково поглинає, відбиває і розсіює сонячну радіацію.

Тепловий потік сонячного випромінювання, який сягає Землі, дуже великий. Він більш як у 5000 разів перевищує сумарне використання всіх видів паливно-енергетичних ресурсів у світі.

Серед переваг сонячної енергії — її вічність і виняткова екологічна чистота. Сонячна енергія надходить на всю поверхню Землі, лише полярні райони планети страждають від її нестачі. Тобто, практично на всій земній кулі лише хмари та ніч заважають користуватися нею постійно. Така загальнодоступність робить цей вид енергії неможливим для монополізації, на відміну від нафти і газу. Звичайно, вартість 1 кВт за год. сонячної енергії значно вища, ніж отримана традиційним методом. Лише п'ята частина сонячного світла перетворюється в електричний струм, але ця частина дедалі зростає завдяки зусиллям учених та інженерів світу.

Оскільки енергія сонячного випромінювання розподілена за великою площею (іншими словами, має низьку густину), будь-яка установка для прямого використання сонячної енергії повинна мати збираючий пристрій з достатньою поверхнею. Найпростіший пристрій такого роду — плоский колектор; у принципі, це чорна плита, яка добре ізольована знизу.

Вона прикрита склом або пластмасою, яка пропускає світло, але не пропускає інфрачервоне теплове випромі-

нювання. У просторі між плитою і склом найчастіше розміщують чорні трубки, в яких тече вода, масло, повітря, сірчистий ангідрид тощо. Сонячне проміння, проникаючи крізь скло або пластмасу в колектор, поглинається чорними трубками і плитою та нагріває робочу речовину в трубках. Теплове випромінювання не може вийти з колектора, тому температура в ньому значно вища (на 200-300°C), ніж температура навколишнього повітря. У цьому виявляється так званий парниковий ефект. Більш складним колектором (вартість якого значно вища), є вгнуте дзеркало, яке зосереджує падаюче проміння в малому об'ємі біля певної геометричної точки — фокуса. Завдяки спеціальним механізмам колектори такого типу постійно повернені до Сонця. Це дає змогу збирати значну кількість сонячного проміння. Температура в робочому просторі дзеркальних колекторів досягає 3000°C і вище. Існують електростанції дещо іншого типу, їх відмінність полягає в тому, що сфокусоване на вершину вежі сонячне тепло приводить у рух натрієвий теплоносій, який нагріває воду до утворення пари. На думку фахівців, найпривабливішою ідеєю щодо перетворення сонячної енергії є використання фотоелектричного ефекту в напівпровідниках. Однак, поверхня сонячних батарей для забезпечення достатньої потужності має бути досить значною (для добового вироблення 500 МВт за год. необхідна поверхня площею 500 000 м²), що досить дорого. Сонячна енергетика належить до найбільш матеріалоемних видів виробництва енергії. Великомасштабне використання сонячної енергії спричиняє гігантське збільшення потреб у матеріалах, а отже, у трудових ресурсах для видобутку сировини, її збагачення, отримання матеріалів, виготовлення геліостатів, колекторів, іншої апаратури, їх перевезення. Ефективність сонячних електростанцій у районах, віддалених від екватора, досить мала через нестійкі атмосферні умови, відносно слабку інтенсивність сонячної радіації, а також її коливання, які зумовлені чергуванням дня і ночі.

Види сонячної радіації

Пряма радіація — сонячна радіація, що доходить до земної поверхні у виді пучка паралельних променів, що виходять безпосередньо від сонячного диска.

Розсіяна радіація — сонячна радіація, що перетерпіла розсіювання в атмосфері, надходить на земну поверхню з усього небесного зводу. У похмурі дні вона є єдиним джерелом енергії в приземних шарах атмосфери.

Сумарна сонячна радіація — сукупність прямої і розсіяної сонячної радіації, що надходять у природних умовах на земну поверхню. Вона залежить від географічної широти, висоти над рівнем моря, прозорості атмосфери і хмарності. У гірських районах розподіл сонячної радіації дуже складний, тому що її величина визначається також ще експозицією і крутістю схилів. Розподіл сумарної радіації представлено для рівнин і передгір'їв з абсолютними висотами до 600 м. На всій території, крім деяких районів Середньої Азії, півдня Східного Сибіру і Далекого Сходу, узимку переважає розсіяна радіація, улітку — пряма сонячна радіація.

7.2. Фізика і генна інженерія

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

1 (УЗЗ). Розказати про генетично модифіковані організми (ГМО) та дитяче харчування.

2 (УЗЗ). Розказати про ГМО на службі у медицині.

3 (УЗЗ). ГМ — дерева спасають екологію. У чому їх користь?

4 (УЗЗ). Розмежувати і пояснити терміни. Рестрикція — розрізування дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК); лігування — фрагмент із потрібним геном включають у плазмиди й зшивають їх; трансформація — уведення рекомбинантних плазмид у бактеріальні клітки; клон; скрининг — відбір серед клонів трансформованих бактерій тих, які є плазмидами, і які несуть потрібний ген для людини.

План:

7.2.1. Фізика і генна інженерія.

Навчально-методичні завдання:

1 (ПВЗ). Підготувати доповіді на теми:

а) Дальтонізм.

б) Цікаві факти про ГМ — продукти харчування.

в) Клонування і його наслідки в світі.

2 (УЗЗ). Розробити комп'ютерні презентації на задану тематику.

3 (УЗЗ). В яких країнах вирощують і використовують трансгени?

4 (УЗЗ). Яких властивостей частіш за все надають ГМ рослинам?

5 (УЗЗ). Тема доповіді «ГМО проти раку».

6 (УЗЗ). На основі *рис. 7.1* розказати про гену інженерію.



Рис. 7.1. Клітинна інженерія, мікробіологічний синтез, генна інженерія

7.2.1. Фізика і генна інженерія

Генна інженерія — це біотехнологічний прийом, спрямований на конструювання рекомбінантних молекул ДНК на основі ДНК, взятої з різних джерел.

Методи. Генна інженерія ґрунтується на молекулярній біології, яка дає можливість вносити зміни в молекулярну взаємодію основних біологічних молекул у клітині й поза нею.

Біологи оволоділи методами, які дають можливість маніпулювати біологічними молекулами, досліджувати і змінювати їхню структуру. За рахунок змін в основних біологічних молекулах ДНК є можливість створювати варіанти живих систем, які не виникають у результаті природної еволюції.

Технології одержання рекомбінантних молекул ДНК і клонування (розмноження) генів передували методи, за допомогою яких молекулу ДНК розщеплюють на фрагменти,

модифікують і знову реконструюють в одне ціле. Для цього мають багато копій цієї молекули. Потім, використовуючи цю рекомбінантну молекулу, можна синтезувати молекули РНК і одержати білок з певними якостями і властивостями.

Генна інженерія і сільське господарство. На сьогоднішній день генетична інженерія сільськогосподарських рослин розвивається переважно в руслі класичної селекції. Основні зусилля вчених зосереджені на захисті рослин від несприятливих (біотичних та абіотичних) факторів, покращенні якості та зменшенні втрат у зберіганні продукції рослинництва. Зокрема, це підвищення стійкості проти хвороб, шкідників, заморозків, солонцюватості ґрунту тощо, видалення небажаних компонентів із рослинних олій, зміна властивостей білка і крохмалю в пшеничному борошні, продовження строку зберігання та покращення смакових якостей овочів та ін. Порівняно з традиційною селекцією, основними інструментами якої є схрещування і відбір, генна інженерія дає можливість використання принципово нових генів, які визначають агрономічно важливі ознаки, і нових молекулярно-генетичних методів моніторингу трансгенів (молекулярні маркери генів), що в багато разів прискорюють процес створення трансгенних рослин. Селекціонерів приваблює можливість цілеспрямованого генетичного “ремонт” рослин. Важливим направленням є створення генетично модифікованих рослин (ГМР) з ознакою чоловічої стерильності. Крім того, завдяки генетичній модифікації рослини можуть виконувати не властиву їм раніше функцію. Прикладом є коренеплоди цукрових буряків, які накопичують замість сахарози низькомолекулярні фрукти, банани, які використовують як їстівну вакцину. Завдяки введенню генів бактерій вищі рослини набувають властивості руйнувати чужорідні органічні сполуки (ксенобіотики), що забруднюють оточуюче середовище. Вирощування ГМ рослин, стійких до широкого спектру хвороб і комах-шкідників, може суттєво знизити, а в подальшому звести до мінімуму пестицидне навантаження на оточуюче середовище.

Переваги генної інженерії. Учені та піарщики від біотехнології стверджують, що генетична інженерія нічим не відрізняється від звичайних методів селекції рослин і тварин: результатів можна досягти набагато швидше. За умов стрімкого зростання населення на планеті, швидкість, з якою можна продукувати організми з новими корисними властивостями, справді є дуже вагомим фактором «за» генетичну інженерію.

За допомогою генетичної інженерії можна збільшити вміст корисних речовин і вітамінів порівняно з «чистими» сортами. Наприклад, можна вставити вітамін А у рис, для того щоб вирощувати його в регіонах, де люди відчувають його нестачу. Можна значно розширити ареали посіву сільськогосподарських продуктів, пристосувавши їх до екстремальних умов, таких як засуха і холод.

Способом генетичних модифікацій можна значно зменшити інтенсивність обробки полів пестицидами та гербіцидами, оскільки ГМ рослини вже самі мають імунітет до певних шкідників або вірусів. Генетично зміненим продуктам можна надати лікувальних властивостей. Наприклад, уже створені банан із вмістом анальгіну і салат, який самостійно виробляє вакцину проти гепатиту В. Їжу з ГМ продуктів можна зробити дешевшою, смачнішою і менш вибагливою щодо умов зберігання.

Кардинально можна змінити катастрофічну ситуацію з лісами — легеньми нашої планети. Їх тепер можна буде вирощувати набагато швидше і з меншими затратами. Деревина стане набагато доступнішою: створюватимуться плантації швидкоростучих і стійких до впливу гербіцидів монокультур, які не матимуть природних конкурентів.

7.3. Фізика і нанотехнології

Актуалізація опорного рівня обізнаності:

- 1 (УЗЗ). Розказати про наноелектроніку.
- 2 (УЗЗ). Розказати про нанотехнології у будівництві.
- 3 (УЗЗ). Нанотехнології та медицина. У чому їх користь?
- 4 (УЗЗ). Військові нанотехнології.
- 5 (УЗЗ). Розказати про нанотехнології у сільському господарстві.
- 6 (УЗЗ). Майбутнє нанотехнологій: проблеми і перспективи.

План:

7.3.1. Фізика і нанотехнології.

Навчально-методичні завдання:

- 1 (ПВЗ). Підготувати доповіді на теми:
 - а) Історія нанотехнологій.
 - б) Позитивне і негативне в нанотехнологіях.
 - в) Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології.
- 2 (УЗЗ). Розробити та провести урок фізики на тематику нанотехнологій.
- 3 (УЗЗ). Створити комп'ютерну презентацію на задану тематику.
 - 4 (П). Довести, що розвиток нанотехнологій у світі носить переважно перспективний характер.
 - 5 (П). Як одержати штучні наноматеріали?
 - 6 (П). Назвати основні властивості наноструктур у фізиці твердого тіла.
 - 7 (П). Розказати про виникнення та розвиток наноауки в галузі фізики твердого тіла.

7.3.1. Фізика і нанотехнології

Нанотехнології можуть привести світ до нової технологічної революції і цілком змінити не тільки економіку, але й навколишнє середовище.

Нанотехнології — це технології, що оперують величинами, порядку нанометра. Це мізерно мала величина, співмірна з розмірами атомів. На частку США нині припадає близько третини всіх світових інвестицій у нанотехнології. Інші провідні гравці на цьому полі — Європейський Союз (приблизно 15%) і Японія (20%). Дослідження в цій сфері активно ведуться також у країнах колишнього СРСР, Австралії, Канаді, Китаї, Південній Кореї, Ізраїлю, Сінгапуру і Тайваню. Якщо в 2000 році сумарні витрати країн світу на подібні дослідження становили близько 800 млн. доларів, то в 2001 році вони вже збільшилися вдвічі. За прогнозами Національної Ініціативи в галузі нанотехнологій США (National Nanotechnology Initiative), розвиток нанотехнологій через 15 років дозволить створити нову галузь економіки з обігом у 15 млрд. доларів і близько 2 млн. робочих місць.

Ряд нанотехнологій використовується на практиці — приміром, у виготовленні цифрових гаджетів. У галузі медицини можливе створення роботів-лікарів, здатних “жити” всередині людського організму, усуваючи всі виникаючі ушкодження, або запобігаючи їх виникненню. Теоретично нанотехнології здатні забезпечити людині фізичне безсмертя, за рахунок того, що наномедицина зможе нескінченно регенерувати клітини, що відмирають. За прогнозами журналу *Scientific American* уже в найближчому майбутньому з'являться медичні пристрої, розміром з поштову марку. Їх досить буде накласти на рану і цей пристрій самостійно проведе аналіз крові, визначить, які медикаменти необхідно використовувати і впорсне їх у кров.

Очікується, що вже 2025 року з'являться перші роботи, створені на основі нанотехнологій. Теоретично можливо, що вони зможуть конструювати з готових атомів будь-який предмет. Нанотехнології спроможні зробити революцію в сільському господарстві. Молекулярні роботи здатні будуть готувати їжу, замінивши сільськогосподарські рослини і тварин. Наприклад, теоретично можливо виробляти молоко безпосередньо з трави, минаючи проміжну ланку — корову. Нанотехнології здатні також стабілізувати екологію планети. Нові види промисловості функціонуватимуть без відходів, що отруюють планету, а нанороботи зможуть знищувати наслідки старих забруднень. Неймовірні перспективи

відкриваються також у галузі інформаційних технологій. Нанороботи здатні втілити в життя мрію фантастів про колонізацію інших планет — ці пристрої зможуть створити на них середовище, придатне для життя людини.

Нанотехнології мають блискуче військове майбутнє. Мілітарні дослідження у світі проводяться в шести основних сферах: технології створення і протидії “невидимості” (літаки-невидимки, створені на основі технології stealth), енергетичні ресурси, самовідновлюючі системи (вони, наприклад, дозволяють автоматично ремонтувати пошкоджену поверхню панцерника або літака), зв’язок, а також пристрої виявлення хімічних і біологічних забруднень.

Виробники вже одержують перші замовлення на нанопристрої. Військове відомство США замовило компанії Friction Free Technologies розробити армійську форму майбутнього. Компанія, повинна виготовити шкарпетки з використанням нанотехнологій, які ліквідуватимуть запах поту, але зберігатимуть ноги в теплі, а шкарпетки в сухості.

Особливі надії на нанотехнології покладають фахівці у області електроніки й інформаційних технологій. У 1965 році було можливим умістити на одному чіпі лише 30 транзисторів. У 1971 році — 2 тис. Нині один чіп містить близько 40 млн. транзисторів величиною 130-180 нанометрів, і вдалося створити транзистор розміром в 90 нанометрів. Цей процес зробив складну електронну і комп’ютерну техніку доступним для більшості споживачів: у 1968 році один транзистор коштував у США \$1, зараз за ці гроші можливо придбати 50 млн. транзисторів.

У 1965 році Гордон Мур, фахівець у сфері фізичної хімії, зробив знамените передбачення, яке було названо «Закон Мура». «Закон Мура» проголошує, що число транзисторів на чіпі буде можливо подвоювати кожні 18 місяців. Упродовж декількох десятиріч цей прогноз доводив свою точність. Виробники комп’ютерних чіпів зраз зіштовхнулись із складностями мініатюризації: аби ділом підтверджувати «Закон Мура», потрібно, щоб транзистор був величиною не більше 9 нанометрів. За прогнозом Міжнародного Консорціуму Напівпровідникових Компаній, цей рівень розвитку технології буде досягнуто до 2016 року.

Перші теоретичні дослідження, що поклали початок роботі інструментального забезпечення нанотехнологій, — це праці російського фізика Г.А. Гамова. У 20-ті роки ХХ століття він уперше розв’язав рівняння Шредингера. Унікальна

властивість, характерна для квантових частинок, полягає в їх здатності проникати через перешкоду, навіть коли їх енергія нижче потенційного бар'єру, відповідного даній перешкоді. Електрон, зустрівши на своєму шляху перешкоду, для проходження якої потрібно більше енергії, ніж є у нього, не відіб'ється від неї, а з втратою енергії (як хвиля) подолає цю перешкоду. Відкриття явища, назване «тунельним ефектом» (тунелюванням), дозволило пояснити багато експериментальних процесів.

У 1939 році німецькі фізики Е. Руська і М. Кноль створили електронний мікроскоп, що став прообразом нового покоління пристроїв, які дозволили зазирнути в світ нанооб'єктів.

У цілому, думка про те, що в майбутньому людство зможе створювати об'єкти, збираючи їх «атом за атомом», сходить до знаменитої лекції «Там внизу багато місця» одного з найбільших фізиків ХХ століття, професора Каліфорнійського технологічного інституту Річарда Фейнмана. Опубліковані в лютому 1960 року, матеріали лекції були сприйняті більшістю сучасників як фантастика чи жарт. Сам же Фейнман говорив, що в майбутньому, навчившись маніпулювати окремими атомами, людство зможе синтезувати все що завгодно, тобто використовувати атоми як звичайний будівельний матеріал.

У 1964 році, через шість років після винаходу інтегральної схеми, Г. Мур, один із засновників американської корпорації Intel, висунув припущення про те, що число транзисторів на кристалі буде подвоюватися кожні два роки. Це спостереження одержало назву першого закону Мура. Показавши залежність росту продуктивності запам'ятовуючих мікросхем від строків їх виготовлення, він виявив закономірність: нові моделі мікросхем кожен раз з'являлися через приблизно рівні проміжки часу (18-24 місяці). За цього їх ємність зростала щоразу приблизно вдвічі.

У 1968 році співробітники американського відділення дослідження напівпровідників Дж. Артур і А. Чо розробили теоретичні основи нанообробки поверхонь.

У 1973 році вчені-фізики Д.А. Бочвар і Є.Г. Гальперін зробили перші теоретичні квантово-хімічні розрахунки наномолекули фулерену і довели її стабільність. Світова наука впритул підійшла до початку вирішення прикладних задач в області нанотехнологій.

Сучасний вигляд ідеї нанотехнології почали набувати в 80-і роки ХХ століття в результаті досліджень Е. Дрекслера,

який працював у лабораторії штучного інтелекту Масачусетського технологічного інституту.

Дрекслер висунув концепцію універсальних молекулярних роботів, що працюють за заданою програмою і збирають будь-які об'єкти (у тому числі і собі подібні) з підручних молекул.

У 2004 році С. Деккер з'єднав вуглецеву трубку з ДНК, уперше отримавши єдиний наномеханізм і відкривши дорогу розвитку біонанотехнологій.

Стрімкий розвиток нанотехнологій викликано ще й потребами суспільства у швидкій переробці величезних масивів інформації.

Сучасні кремнієві чіпи можуть у всіляких технічних хитруваннях зменшуватися, але за ширини доріжки в 40-50 нм зростають квантовомеханічні перешкоди, що рівнозначно короткому замиканню. Виходом могли б послужити наночіпи, в яких замість кремнію використовуються різні вуглецеві з'єднання розміром у декілька нанометрів. У даний час ведуться самі інтенсивні розробки в цьому напрямку.

7.4. Завдання для самоконтролю

- 1 (УЗЗ). Потенціал сонячної енергії. Використання сонячної енергії.
- 2 (УЗЗ). Пасивне використання сонячної енергії. Активне використання сонячної енергії.
- 3 (УЗЗ). Сонячні колектори та його види.
- 4 (УЗЗ). Сонячні системи. Сонячні теплові електростанції. Фотоелектричні системи.
- 5 (УЗЗ). Сонячна архітектура.
- 6 (УЗЗ). Які особливості селекції рослин, тварин?
- 7 (УЗЗ). Які основні напрями селекції мікроорганізмів?
- 8 (УЗЗ). Що таке біотехнологія?
- 9 (УЗЗ). Які методи та досягнення генної інженерії?
- 10 (УЗЗ). Що собою становить клітинна (тканинна) інженерія?

Розділ 8

УЗАГАЛЬНЕННЯ І СИСТЕМАТИЗАЦІЯ МАТЕРІАЛУ (ПВЗ)

1. Окуляри мають оптичну силу +1,5 діоптрії. Які лінзи у цих окулярах? Який дефект зору компенсують ці окуляри?
2. Роздивляючись предмет через збільшувальне скло, око найкраще розташовувати ближче до нього. Чому?
3. У яких випадках доцільно застосовувати збільшувальне скло?
4. Чому важко вдіти нитку у голку, якщо дивитися одним оком?
5. Навіщо світлові сигнали часто роблять мерехтливими (наприклад, у маяків)?
6. Навіщо водії у зустрічі автомобілів вимикають фари?
7. У темноті за швидкого руху розпеченої вуглини видно червону світлову смугу. Як це пояснити?
8. Чому дощ видається нам у вигляді струменів, хоча він складається з окремих крапель?
9. У туман лампа на ліхтарному стовпі здається повішеною вище, ніж завжди. Чому?
10. Чому вночі джерело світла здається ближчим, ніж воно віддалене від нас насправді?
11. Чому у телескоп можна бачити зірки вдень?
12. Як пояснити райдужні смуги, які спостерігаються у тонкому шарі гасу на поверхні води?
13. Нагрійте на спиртівці лезо безпечної бритви. Ви побачите на поверхні металу райдужне забарвлення, яке з'являється в процесі нагрівання сталі до температури 220-350°C. Пояснити явище.
14. Чим пояснюється забарвлення крил бабок, жуків та інших комах?
15. Чому забарвлення крил комахи змінюється якщо його розглядати під різними кутами?
16. На поверхні компакт-диску, який розглядається під невеликим кутом, помітні кольорові смуги. Як пояснити це явище?
17. Для виготовлення штучних перламутрових гудзиків на їх поверхню наносять дуже дрібні риси. Чому після такої обробки гудзик має райдужне забарвлення?

18. Під час досліду з розкладання світла у якості джерела світла застосовується вузька щілина, яка світиться. Чому?
19. Чому в процесі розглядання предмету крізь призму видно райдужну облямівку навколо предмету?
20. На екрані отриманий неперервний спектр від вузької щілини за допомогою призми. Як буде змінюватися спектр, якщо щілину розширювати?
21. Чому призма повного відбивання дає незабарвлене зображення?
22. Чому веселка має форму дуги?
23. Чи можна побачити веселку, знаходячись біля одного з її кінців?
24. Довжина хвилі червоного світла у воді дорівнює довжині хвилі зеленого світла у повітрі. Який колір людина побачить під водою, якщо вода освітлена червоним світлом?
25. Чи випромінює червоні промені шматок заліза, який нагрітий до білого розжарювання?
26. Часто говорять: “Температура в затінку дорівнює 25°C , а на сонці (на освітленій ділянці) 28°C ”. Чи має зміст таке твердження?
27. Промені світла падають на непрозоре тіло і поглинаються ним. Чи зникла енергія цих променів?
28. Чому темна пічка скоріше нагріває кімнату, ніж світла?
29. Пожежники носять на голові металеві блискучі каски. Чим це викликано?
30. У якому чайнику вода нагріється скоріше — у закіптявилу чи чистому (за однакових умов)?
31. Чому корабель, який прямує до тропічних країн, як правило, фарбують у світлий колір?
32. За законом Джоуля-Ленца кількість теплоти, яка виділяється струмом, пропорційна часу проходження струму в провіднику. Чому ж дроти, якими цілий вечір іде струм, не розжарюються?
33. Полум’я свічки, яке розглядається крізь пару, здається червоним. Чому?
34. Полум’я електричної дуги нешкідливе для зору, якщо дугу запалити у воді. Чому?
35. М.В. Ломоносов у одному з своїх записів ставить таке питання: “Будь-який колір від змочування водою робиться густішим. Чому? Треба поміркувати”. Як відповісти на це питання?

36. На білому фоні написаний текст синіми літерам. Через скло якого забарвлення неможливо побачити напис?
37. Чому небо вдень блакитне? Чому Сонце під час заходу червоного кольору?
38. Поясніть виникнення кольору синього скла, синього паперу, синього моря.
39. Чому у мілких місцях морська вода має зелене забарвлення?
40. Чому ліс на небокраї здається не зеленим, а зтягнутим блакитним серпанком?
41. Під час повного місячного затемнення Місяць трохи освітлений червоним світлом. Чому?
42. Якщо протягом тривалого часу (понад години) дивитися телевізор у затемненій кімнаті, то після увімкнення малопотужної лампи (15-25 Вт) білі предмети у кімнаті здаються жовто-помаранчевими. Чому?
43. Учень, який пояснює рівняння Ейнштейна для фото-ефекту, сказав: "Енергія світла, яке падає, дорівнює роботі виходу електронів і кінетичній енергії їх руху". У чому неточність такої відповіді?
44. Чи можна фотографувати предмети у зовсім темній кімнаті?
45. Чому фотографічні знімки проявляють у червоному світлі?
46. Чому перекис водню зберігають у склянках з жовтого скла?
47. Синя квітка на звичайному фотографічному знімку здається світлішою за жовту, а червона може здаватися чорною. Чому?
48. Чому на знімках, які зроблені у інфрачервоних променях зелена рослинність виходить білою?
49. Яке основне перетворення енергії відбувається у телевізорі?
50. Тиск світла на чорну поверхню удвічі менший, ніж на білу. Чому?
51. Якщо комета на небі увечері, то у яку сторону направлений її хвіст?
52. Чому на транспорті для сигналів уваги та заборони прийнятий червоний колір?

ПИТАННЯ СЕМЕСТРОВОГО ЕКЗАМЕНУ

Методика навчання фізики в 10 класі

1. Зміст і методика вивчення теми «Основні положення молекулярно-кінетичної теорії».
2. Науково-методичний аналіз основних понять теми «Основні положення молекулярно-кінетичної теорії».
3. Методика введення понять маса молекул, одинична атомна маса, відносна атомна та молекулярна маси.
4. Методика введення понять число Авогадро, кількість речовини, молярна маса, число Лошмідта.
5. Методичні особливості виведення основного рівняння молекулярно-кінетичної теорії.
6. Методика вивчення закону Шарля та введення понять «Газовий термометр», «Абсолютна температура».
7. Науково-методичний аналіз теми «Газові закони».
8. Методичні особливості введення параметрів стану ідеального газу.
9. Методичні особливості виведення рівнянь стану ідеального газу.
10. Методика вивчення ізобарного та ізохорного процесів.
11. Методика вивчення ізотермічного та адіабатного процесів.
12. Зміст і методика вивчення теми «Закони термодинаміки».
13. Методичні особливості введення понять внутрішня енергія, кількість теплоти.
14. Методика вивчення застосування 1-го начала термодинаміки до ізопроцесів.
15. Зміст і методика вивчення теми «Властивості пари».
16. Методичні особливості вивчення властивостей насиченої та ненасиченої пари.
17. Методика вивчення понять «Вологість повітря», «Точка роси».
18. Методика вивчення явища кипіння рідини, основні демонстраційні досліди.
19. Зміст і методика вивчення теми «Властивості рідин».
20. Методичні особливості вивчення явищ змочування та капілярності, основні демонстраційні досліди.
21. Зміст і методика вивчення теми «Властивості твердих тіл».

22. Методика введення поняття «Теплове розширення твердих тіл», основні демонстраційні досліди.
23. Науково-методичний аналіз структури і змісту теми «Електричне поле».
24. Методика введення понять «Напруженість», «Потенціал».
25. Методичні особливості введення поняття «Електрична ємність».
26. Методика введення поняття «Енергія електростатичного поля», відповідні демонстрації.
27. Зміст і методика вивчення теми «Закони постійного струму».
28. Методика введення поняття «Електрорушійна сила».
29. Методичні особливості вивчення закону Ома для ділянки кола.
30. Методичні особливості дослідження видів сполучення провідників, розрахунок параметрів відповідних ділянок кола.
31. Методичні особливості вивчення закону Ома для замкненого кола. Розглянути батареї джерел електричного струму, явище короткого замикання.
32. Методика введення правил Кірхгофа для складних електричних кіл.
33. Зміст і методика вивчення теми «Електричний струм в електrolітах».
34. Методичні особливості вивчення законів Фарадея для електролізу.
35. Науково-методичний аналіз теми «Електричний струм у газах».
36. Методика введення понять розряд, несамостійний і самостійний розряди в газах.
37. Науково-методичний аналіз теми «Електричний струм у вакуумі».
38. Методичні особливості аналізу будови та застосування вакуумних ламп, основні демонстрації.
39. Зміст і методика вивчення теми «Електричний струм в напівпровідниках».
40. Методичні особливості аналізу будови та застосування напівпровідникових приладів, основні демонстрації.
41. Зміст і методика вивчення теми «Магнітне поле».
42. Методичні особливості викладення основних положень теми «Магнітне поле»: дослід Ерстеда, гіпотеза Ампера, правила правого гвинта та відповідних графічних позначень.

43. Методика вивчення закону Ампера та правила правої руки.
44. Методичні особливості зображення магнітних полів прямолінійного, колового (розглянути один виток та соленоїд) струмів.
45. Методика введення понять «Вектор магнітної індукції», «Лінії магнітної індукції», «Магнітна проникність середовища».
46. Методичні особливості вивчення принципу суперпозиції магнітних полів.
47. Методологія основних демонстраційних дослідів теми «Магнітне поле».

Методика навчання фізики в 11 класі

1. Зміст і методика вивчення теми «Електромагнітна індукція».
2. Методика вивчення правила Ленца, основні демонстрації.
3. Методичні особливості викладення закону Фарадея.
4. Методика вивчення ЕРС індукції в рухомих провідниках, правило правої руки.
5. Методика вивчення явища самоіндукції, основні демонстрації.
6. Зміст і методика вивчення теми «Механічні коливання».
7. Методика вивчення гармонічних коливань.
8. Закони збереження в гармонічних коливаннях (на прикладі математичного маятника).
9. Зміст і методика вивчення теми «Електромагнітні коливання».
10. Методика вивчення вільних коливань у коливальному контурі.
11. Методологія вивчення закону Ома для змінного струму.
12. Методика вивчення будови та принципу дії генераторів і трансформаторів.
13. Зміст і методика вивчення теми «Електромагнітні хвилі».
14. Методика вивчення дослідів Герца. Вимушені коливання.
15. Зміст і методика вивчення теми «Оптика».
16. Методичні особливості фотометрії.
17. Методика вивчення законів відбивання та заломлення світла.
18. Науково-методичний аналіз поширення світла в тонких лінзах.

19. Зміст і методика вивчення теми «Світлові хвилі».
20. Методика вивчення явища дисперсії світла.
21. Методичні особливості вивчення явища інтерференції світла. Тонкі плівки.
22. Методика вивчення явища дифракції світла.
23. Методичні особливості вивчення явища поляризації світла. Основні демонстрації.
24. Зміст і методика вивчення теми «Випромінювання і спектри».
25. Зміст і методика вивчення теми «Фотометрія».
26. Методика вивчення законів геометричної оптики.
27. Методичні особливості вивчення поширення світла в тонких лінзах. Основні демонстрації.
28. Методика вивчення оптичних приладів.
29. Зміст і методика вивчення основ теорії відносності.
30. Зміст і методика вивчення видів спектрів, спектральний аналіз.
31. Методика вивчення властивостей інфрачервоних, ультрафіолетових і рентгенівських променів.
32. Шкала електромагнітних хвиль.
33. Зміст і методика вивчення теми «Кванти».
34. Методичні особливості вивчення фотоефекту.
35. Зміст і методика вивчення теми «Атом і атомне ядро».
36. Методичні особливості вивчення досліду Резерфорда.
37. Методика вивчення теорії Нільса Бора.
38. Вивчення методів спостереження та реєстрації заряджених частинок.
39. Методика вивчення складу атомного ядра, ізотопи, енергія зв'язку.
40. Методика вивчення реакції поділу атомних ядер та її використання.
41. Методичні особливості вивчення властивостей елементарних частинок.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

ОСНОВНА

1. Атаманчук П.С. Дидактичне забезпечення семінарських занять з курсу «Методика навчання фізики» (загальні питання) : навчальний посібник / П.С. Атаманчук, О.М. Семерня, Т.П. Поведа. — Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2011. — 384 с.

2. Атаманчук П.С. Збірник задач з фізики / П.С. Атаманчук, А.А. Криськов, В.В. Мендерецький ; за ред. П.С. Атаманчука. — К. : Школяр, 1996. — 304 с.

3. Атаманчук П.С. Методичні основи управління навчанням фізики : монографія / П.С. Атаманчук, О.М. Семерня. — Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський державний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2005. — 196 с.

4. Атаманчук П.С. Дидактичний аспект забезпечення дієвості управління навчанням фізики / П.С. Атаманчук // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна / [редкол.: П.С. Атаманчук (голова, наук. ред) та ін.]. — Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2013. — Вип. 19: Інноваційні технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технологічного профілю. — С. 10-16.

5. Божинова Ф.Я. Фізика. 10 клас : підручник / Ф.Я. Божинова. — Х. : Ранок, 2007. — 192 с.

6. Божинова Ф.Я. Фізика. 11 клас : підручник / Ф.Я. Божинова. — Х. : Ранок, 2008. — 256 с.

7. Болюбаш Я.Я. Організація навчального процесу у вищих закладах освіти : навчальний посібник для слухачів закладів підвищення кваліфікації системи вищої освіти / Я.Я. Болюбаш. — К. : ВВП «Компас», 1997. — 64 с.

8. Гайдучок Г.М. Фронтальний експеримент з фізики в 7-11 класах середньої школи / Г.М. Гайдучок, В.Г. Нижник. — К. : Рад. шк., 1989.

9. Закон України «Про вищу освіту» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://dneprtest.dp.ua>.

10. Закота Л.А. Проблемне навчання фізики / Л.А. Закота, О.І. Ляшенко. — К. : Рад. школа, 1985. — 96 с.

11. Івах І.В. Вивчення теми «Криволінійний та обертальний рух» в середній школі / І.В. Івах. — К. : Рад. школа, 1963. — 62 с.

12. Інтернет-журнал «Знаймо» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://znaimo.com.ua/>.

13. Коршак Є.В. Методика і техніка шкільного фізичного експерименту / Є.В. Коршак, Б.Ю. Миргородський. — К. : Вища школа, 1981, — 280 с.

14. Конспекти лекцій з фізики [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://prophiziku.narod.ru/Ychebnik/L9.html>.

15. Корисна енциклопедія [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://korysne.co.ua/>.

16. Ляшенко А.И. Основные направления реформирования общего среднего образования: проблемы и пути их решения / А.И. Ляшенко // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна / [редкол.: П.С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.]. — Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2010. — Вип. 16: Формування професійних компетентностей майбутніх учителів фізико-технічного профілю в умовах євроінтеграції. — 328 с. — С. 34-35.

17. Мендерецький В.В. Навчальний експеримент в системі підготовки вчителя фізики : монографія / В.В. Мендерецький. — Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський державний університет, редакційно-видавничий відділ, 2006. — 256 с.

18. Методика і техніка навчального фізичного експерименту в основній школі : підручник для студентів вищих навчальних закладів / Атаманчук П.С., Ляшенко О.І., Мендерецький В.В., Ніколаєв О.М. — Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2010. — 292 с.

19. Методика преподавания физики в 9-10 классах средней школы / под ред. А.В. Усовой. — М. : Просвещение, 1990.

20. Національна рамка кваліфікацій [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/>.

21. Наукова школа «Теоретико-технологічні аспекти об'єктивізації контролю навчальної діяльності» (керівник: доктор педагогічних наук, професор, заслужений працівник освіти України Атаманчук Петро Сергійович) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.mvf.kam-pod.org>.

22. Прості машини [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://school.xvatit.com>.

23. Римкевич А.П. Збірник задач з фізики для 9-11 класів середньої школи / А.П. Римкевич. — 10-е вид. — К. : Рад. шк., 1991.

24. Розв'язування задач з фізики : практикум / за заг. ред. Е.В. Коршака. — К. : Вища шк., 1986. — 312 с.

25. Фізика : навчальна програма для 7-9 класів / укладачі: О.І. Ляшенко, В.Г. Бар'яхтар, М.В. Головка та ін. — К., 2012. — 26 с.

26. Фізика. 10 клас [Текст] : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / Л.Е. Генденштейн. — Х. : Гімназія, 2008.

27. Фізика. 10 клас [Текст] : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий. — К. : Освіта, 2010.

28. Фізика. 10 клас [Текст] : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко. — К. : Генеза, 2010.

29. Фізика. 11 клас [Текст] : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко. — К. ; Ірпінь, 2005.

30. Харківський політехнічний університет [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://politech.km.ua/>.

31. 500 якісних задач з фізики [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.vesna.org.ua/>.

ДОДАТКОВА

1. Атаманчук П.С. Управління процесами становлення майбутнього вчителя / П.С. Атаманчук, О.І. Ляшенко, В.П. Атаманчук // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету. Серія педагогічна / [редкол.: П.С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.]. — Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2009. — Вип. 15: Управління якістю підготовки майбутніх учителів фізики та трудового навчання. — С. 5-10.

2. Атаманчук П.С. Управління процесом навчально-пізнавальної діяльності : монографія / П.С. Атаманчук. — Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський державний педагогічний університет, інф.-вид. відділ, 1997. — 136 с.

3. Атаманчук П.С. Інноваційні технології управління навчанням фізики : монографія / П.С. Атаманчук. — Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський державний педагогічний університет, інф.-вид. відділ, 1999. — 172 с.

4. Атаманчук П.С. Збірник завдань з фізики для тематичного та підсумкового контролю / П.С. Атаманчук, І.В. Оленюк. — Гусятин, 2009. — 192 с.

5. Атаманчук П.С. Дидактика фізики (основные аспекты) : монографія / П.С. Атаманчук, П.И. Самойленко. — М. : Московский государственный университет технологий и управления, РИО, 2006. — 254 с.

6. Атаманчук П.С. Дидактичні основи формування фізико-технологічних компетентностей учнів : монографія / П.С. Атаманчук, О.П. Панчук. — Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2011. — 252 с.

7. Благодаренко Л.Ю. Теоретико-методичні засади навчання фізики в основній школі [Текст] : монографія / Л. Благодаренко. — К. : НПУ, 2011. — 390 с.

8. Благодаренко Л.Ю. Теоретико-методичні засади реалізації фізичної компоненти державного стандарту базової середньої освіти [Текст] : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 / Благодаренко Людмила Юріївна ; Нац. пед. ун-т ім. М.П. Драгоманова. — К., 2011.

9. Благодаренко Л.Ю. Технології особистісно-орієнтованого навчання фізики [Текст] : навч.-метод. посібник для студ. пед. унів (пед. ін-тів) / Л. Ю. Благодаренко ; Національний педагогічний ун-т ім. М.П. Драгоманова. — К. : НПУ, 2005. — 112 с.

10. Богданов І.Т. Методична система формування фізико-технічних знань у процесі фахової підготовки майбутніх учителів фізики : монографія / І.Т. Богданов. — Донецьк : Юго-Восток, 2009. — 272 с.

11. Богданов І.Т. Теоретичні і методичні засади формування фізико-технічних знань у процесі фахової підготовки майбутніх учителів фізики : дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02 / І.Т. Богданов ; Національний пед. ун-т ім. М.П. Драгоманова. — К., 2010.

12. Величко С.П. Лабораторний практикум з безпеки життєдіяльності : навч. посібник / С.П. Величко, І.А. Царенко. — К. : ВД «Професіонал», 2008. — 192 с.

13. Величко С.П. Методика викладання безпеки життєдіяльності : навч. посібник для студ. вищих пед. закладів / С.П. Величко, І.А. Царенко, О.М. Царенко. — 3-є вид., перероб. і доп. — Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2007. — 282 с.

14. Величко С.П. Сучасні технології у фізичному експериментуванні з оптики : навчальний посібник для вчителів / С.П. Величко, О.С. Кузьменко. — Кіровоград : ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2009. — 164 с.

15. Заболотний В.Ф. Методика навчання фізики. Загальні питання (в схемах і таблицях з мультимедійними додатками) / В.Ф. Заболотний. — Вінниця : Едельвейс і К, 2009. — 112 с.

16. Заболотний В.Ф. Фізичні величини. Закони : навчальний посібник / В.Ф. Заболотний, Н.А. Мисліцька, Ю.А. Пасічник. — Тернопіль : Богдан, 2007. — 56 с.

17. Заболотний В.Ф. Вибрані питання дидактики фізики / В.Ф. Заболотний. — Вінниця : ВДПУ, 2007. — Ч.1: Загальні питання (в схемах і таблицях + мультимедійні презентації). — 92 с.

18. Заболотний В.Ф. Демонстраційні комп'ютерні моделі в системі засобів формування фізичних понять : навчальний посібник / В.Ф. Заболотний, Н.А. Мисліцька. — Вінниця : ВДПУ, 2008. — 116 с.

19. Іваницький О.І. Інноваційні технології навчання фізики : навчальний посібник / О.І. Іваницький. — Запоріжжя : Диво, 2007. — 99 с.

20. Іваницький О.І. Сучасні технології навчання фізики в середній школі : монографія / О.І. Іваницький. — Запоріжжя : Прем'єр, 2001. — 266 с.

21. Іваницький О.І. Теоретичні і методичні основи підготовки майбутнього вчителя фізики до впровадження інноваційних технологій навчання : дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02 / О.І. Іваницький ; Національний пед. ун-т ім. М.П. Драгоманова. — К., 2005. — 492 с.

22. Ляшенко О.І. Про концепцію тесту для виявлення здібностей абітурієнтів [Текст] / О.І. Ляшенко // Педагогіка і психологія : науково-теоретичний та інформаційний журнал. — 2010. — № 4. — С. 5-10.

23. Ляшенко О.І. Теоретично-методичні засади організації профільного навчання в старшій загальноосвітній школі [Текст] : тези доп. на загал. зборах АПН України академіка-секретаря

від-ня дидактики, методики та інформ. технологій в освіті АПН України / О.І. Ляшенко // Освіта. — 2008. — № 45/46 (19-26 листоп.). — С. 6.

24. Ляшенко О.І. Якість освіти як основа функціонування й розвитку сучасних систем освіти / О.І. Ляшенко // Педагогіка і психологія. — 2005. — №1 (46). — С. 5-12.

25. МАН: Підготовка науково-дослідницьких проєктів : навчальний посібник / В.П. Сергієнко, М.І. Шут. — К. : Ред. загальнопед. газ., 2005. — 128 с.

26. Методика і техніка навчального фізичного експерименту в старшій школі : підручник для студентів вищих навчальних закладів / Атаманчук П.С., Ляшенко О.І., Мендерецький В.В., Ніколаєв О.М. — Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2011. — 420 с.

27. Методика навчання фізики в середній школі (загальні питання) : конспекти лекцій / за ред. В.Ф. Савченка. — Чернівці, 2003. — 100 с.

28. Методика навчання фізики у старшій школі : навчальний посібник / [В.Ф. Савченко, М.П. Бойко, М.М. Дідович та ін.] ; за ред. В.Ф. Савченка. — К. : Академія, 2011. — 296 с.

29. Планування та виконання науково-методичних проєктів (курсова, дипломна, магістерська та дисертаційна роботи, наукова публікація) : методичні рекомендації / [укладачі: П.С. Атаманчук, Ю.В. Гнатюк, Ц.А. Криськов, А.М. Кух, В.С. Щирба]. — Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2010. — 28 с.

30. Садовий М.І. Становлення та розвиток фундаментальних ідей дискретності та неперервності у курсі фізики середньої школи : навчальний посібник / М.І. Садовий. — Кіровоград : Принт-Імідж, 2001. — 396 с.

31. Семерня О.М. Основи методології дієвого навчання майбутніх учителів фізики : монографія / О.М. Семерня. — Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2012. — 376 с.

32. Сергієнко В.П. Інтеграція фундаментальності та професійної спрямованості курсу загальної фізики у підготовці сучасного вчителя : монографія / В.П. Сергієнко. — К. : НПУ, 2004. — 382 с.

33. Сергієнко В.П. Розв'язування задач з фізики : навчальний посібник / В.П. Сергієнко, А.Ю. Збаравська, Г.О. Шишкін, М.М. Чиркін. — К. : Навчально-методичний центр Міністерства аграрної політики України, 2007. — 147 с.

34. Фізика. 7 клас [Текст] : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / М.І. Шут, М.Т. Мартинюк, А.Ю. Благодаренко. — К. ; Ірпінь : Перун, 2010. — 184 с.

35. Фізика. 7 клас [Текст] : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / Ф.В. Божинова, М.М. Кірюхін, О.О. Кірюхіна. — Х. : Ранок, 2007.

36. Фізика. 7 клас [Текст] : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / А.Е. Генденштейн. — Х. : Гімназія, 2007.

37. Фізика. 7 клас [Текст] : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / В.Р. Ільченко, С.Г. Куліковський, О.Г. Ільченко. — Х. : Довкілля, 2007.
38. Фізика. 8 клас [Текст] : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / Ф.В. Божинова. — Х. : Ранок, 2008.
39. Фізика. 8 клас [Текст] : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / Л.Е. Генденштейн. — Х. : Гімназія, 2008.
40. Фізика. 8 клас [Текст] : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / В.Д. Сиротюк. — К. : Зодіак-Еко, 2008.
41. Фізика. 8 клас [Текст] : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / Є.В. Коршак. — К. : Генеза, 2008.
42. Фізика. 9 клас [Текст] : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / Ф.В. Божинова, М.М. Кірюхін, О.О. Кірюхіна. — Х. : Ранок, 2009.
43. Фізика. 9 клас [Текст] : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / М.І. Шут, М.Т. Мартинюк, Л.Ю. Благодаренко. — К. ; Ірпінь, 2009.
44. Фізика. 9 клас [Текст] : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / В.Д. Сиротюк. — К. : Зодіак-Еко, 2009.
45. Фізика. 9 клас [Текст] : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко. — К. : Генеза, 2009.
46. Шут М.І. Науково-дослідна робота з фізики у середніх та вищих навчальних закладах : навч. посіб. / М.І. Шут, В.П. Сергієнко. — К. : Шкільний світ, 2004. — 128 с.
47. Шут М.І. Фізика. 7 клас : підручник для загальноосвіт. навч. закл. / М.І. Шут, М.Т. Мартинюк, Л.Ю. Благодаренко. — К. ; Ірпінь : Перун, 2010. — 184 с.
48. Шут М.І. Фізика. 9 клас : підручник для загальноосвіт. навч. закл. / М.І. Шут, М.Т. Мартинюк, Л.Ю. Благодаренко. — К. ; Ірпінь : Перун, 2010. — 184 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Абсолютно тверде тіло	37	Джерело енергії зірок	228
Адсорбція	86	Динаміка	30
Аеростатика	54	Дирижаблі	58
Акустика	167	Дисперсія світла	201
Акустооптичний ефект	207	Дифракція світла	197
Альтернативні джерела енергії	239-244	Дія світла	206, 207
Атмосферний тиск	55	Дія струму в різних середовищах	128
Атомна і воднева бомби	229	Дослід Ерстеда	138
Атомні ядра і ядерна енергія	227-232	Досліди Герца і Лебедева	179
		Другий закон Ньютона	31
Будова атома	220	Електризація під дією світла	109
Вакуумна техніка	98	Електризація через вплив	109
Вимушене випромінювання світла	221	Електризація через тертя	109
Випаровування на кривих поверхнях рідин	96	Електрична проводка	126
Випромінювання електронів нагрітими тілами	130	Електричне поле	111
Випромінювання тіл розжарювання	203	Електричне поле Землі	113
Вільне падіння тіл	33	Електричні заряди	107
Вічний двигун	72	Електричні коливання	169
Властивості газів	80	Електроліз	129
Властивості пари	94	Електромагнітна індукція	147
Властивості рідин	84	Електромагнітна теорія світла	181
Властивості твердих тіл	88	Електромагнітні хвилі	177
Генератор Ван де Граафа	110	Елементарні частинки	233-238
Геометрична оптика	187	Енергія	41, 46
Гідростатика	49	Енергія вітру	241
Гіпотеза Ампера про елементарні електричні струми	136	Енергія води	240
		Енергія заряджених тіл	116
		Енергія Сонця	242
		Енергія хвиль	176
		Ефект Комптона	207
		Ефект Рамана	207

Закон Дальтона	82	Магнітне поле	137
Закон збереження енергії	46	Магнітне поле Землі	143
Закон збереження імпульсу	32	Магнітне поле кругового витку	141
Закон інерції	31	Магнітне поле прямолінійного струму	141
Залежність тиску газу від температури	81	Магнітне поле рухомих зарядів	142
Звук	167	Магнітний захист	152
Звукові коливання	166, 171	Магнітні бурі	145
Земний магнетизм	144	Магнітні властивості тіл	150
Зір двома очима	193	Магнітні явища	134
Змінний струм	154	Магнітометр	139
Золоте правило механіки	42	Методи спостереження	170
Інтерференція світла	195	Методика навчання коливань і хвиль	162
Історія визначення швидкості світла	200	Методика навчання основ класичної механіки	24
Історія оптики	188	Методика навчання основ теплоти і молекулярної фізики	62
Калорія	69	Методика навчання основам атомної фізики	220
Камера Вільсона	224	Методика навчання основам електрики і магнетизму	107
Квантова механіка	223	Методика навчання основам оптики	187, 213
Квантові генератори	221	Методика навчання сучасній фізичній картині світу	239
Кінематика	24	Механічні коливання	162, 171
Кінематика космічних рухів	28	Мікросвіт	75
Колівання камертона	163	Молекулярний рух у газах, рідинах, твердих тілах	76
Колір неба і зір	202	Молекулярні сили	78
Колодязь Тора	102	Молекулярно-кінетична теорія	74
Кольорові тіла	201, 202	Надпровідність	120
Компресор	96	Напівпровідникові фотоелементи	132
Конвектори	67	Нейтральна зона магніту	135
Контактне зварювання	125		
Коронний розряд	130		
Космічні промені	236		
Криволінійний рух	27		
Крутильні коливання	164, 171		
Люмінесцентний аналіз	209		
Магнітна проникність заліза	151		

Нестискувана рідина	50	Пружні коливання	164, 171
Нічна труба Ломоносова	192	Радіоактивність	224-226
Обертальний рух	25	Рентгенівська трубка	199
Опір дроту	119	Рівновага тіла	38
Оптична пірометрія	205	Робота	41, 44, 68
Оптичні прилади	197	Розміщення молекул на поверхні тіл	85
Осцилограф	155	Розподіл електричної енергії	156
Охолодження під час випаровування	95	Розподіл напруги в колі	122
Охолоджувані суміші	91	Розрахунок нагрівальних приладів	126
Парадокс годинника	234	Розчинення твердих тіл у рідинах	87
Передбачення погоди	103	Розширення води	66
Плавлення	89	Самоіндукція	155
Повздовжні хвилі у стовпі повітря	174	Світло як форма матерії	213
Повітряні кулі	58	Сили Лорентца	146
Полімери	90	Сили Лорентца	148
Полюси магніту	135	Спідометр	152
Поляризація діелектрика	113	Сплави	90
Поляризоване світло	198	Спливання пузирів	52
Полярні саява	146	Сприйняття глибини	193
Поляроїди	198	Статика	36, 38
Понижений тиск повітря	56	Струми Фуко	149
Постійний електричний струм	118	Теорія феромагнетизму	153
Поступальний рух	25	Теплова дія струму	124
Правило буравчика	141	Теплове розширення рідких тіл	62
Правило Дюлонга і Пті	83	Теплове розширення твердих тіл	62
Прилади для вимірювання напруженості магнітного поля	138	Теплота	68
Принцип збереження енергії	70	Термокотли	67
Принцип збереження роботи	44	Тиск води на морській глибині	50
Природа радіоактивних променів	225	Тиск світла	209
Прискорювачі	226	Тривалість зорового відчуття	211
Прості машини	39		269

Уранові реактори та їх використання	231	Хвилі на поверхні рідини	174
		Хвильові явища	173
		Хмароутворення	100
Фігури Ліхтенберга	110		
Фізика атмосфери	99	Централізоване виробництво	156
Фізика і генна інженерія	245		
Фізика і нанотехнології	250	Чорне тіло	203
Фізична оптика	194, 195, 197, 198, 201, 203		
Флотацийні машини	52	Штучні опади	102
Флотажія	86	Шуми	168
Формула об'ємного розширення	64		
Фотографія	210	Ядерний реактор	231, 232
Фотоелектричний ефект	207		
Фотохімічна теорія зору	210		

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Ампер	181	Максвелл Дж.	181, 182, 183
Архімед	49	Ньютон Ісак	31, 38, 188, 189, 196, 201
Беккерель Антуан	225	Планк	191
Галілей	200	Пті	63, 83
Гельмгольц	71, 179	Раман	208, 209
Герц	179	Томпсон	70
Гук	195	Торрічеллі	55
Гюйгенс	189		
ДАЛЬТОН	82	Фарадей	148, 179, 181, 191
Дірак	75	Фейнман Ричард	252
Дюлонг	63, 83	Френель	190
Камергінг-Оннес	121	Шредінгер	75
Кюрі П'єр і Марія	226	Штерн Отто	77
Лебедев М.П.	180, 181	Юнг	190
Ломоносов М. В.	47, 48, 70, 192, 193, 212		

Кам'янець-Подільський національний університет
імені Івана Огієнка

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

АТАМАНЧУК Петро Сергійович,

*доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри методики
викладання фізики та дисциплін технологічної освітньої галузі
Кам'янець-Подільського національного університету
імені Івана Огієнка*

СЕМЕРНЯ Оксана Миколаївна,

*кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри методики
викладання фізики та дисциплін технологічної освітньої галузі
Кам'янець-Подільського національного університету
імені Івана Огієнка*

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

З МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ

(СТАРША ШКОЛА)

Навчальний посібник

Підписано до друку 5.05.2014 р. Гарнітура «Книжник».
Папір офсетний. Друк цифровий. Формат 60х84/16.
Умовн. друк. арк. 15,8. Обл.-вид. арк. 15,9.
Тираж 150. Зам. № 203.

ПП Буйницький О.А.,
вул. Лесі Українки, 31, м. Кам'янець-Подільський, 32300.
Тел. (03849) 36354.
Свідоцтво серії ДК № 2477 від 28.04.2006 р.

Надруковано у ТОВ «Друкарня «Рута»,
вул. Пархоменка, 1, м. Кам'янець-Подільський, 32300.
Тел. (03849) 42250