Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

В. П. Палєхін

ФІЗИКА

Підручник

Затверджено Міністерством освіти і науки,
молоді та спорту України

Друге видання

Харків – 2012

УДК 53(075.8)
ББК 22.3я73
П 14

Рецензенти: д-р фіз.-мат. наук, проф. кафедри біотехнологій та аналітичної хімії Харківського національного технічного університету «ХПІ», **О. М. Огурцов**;
завідувач кафедри Харківської національної академії міського господарства, д-р фіз.-мат. наук, проф. **О. М. Петченко**;
доц. кафедри фізики Харківського національного технічного університету радіоелектроніки, канд. фіз.-мат. наук, **В. В. Калінін.**

*Затверджено Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України
як підручник для студентів вищих навчальних закладів,
які навчаються за напрямом «Екологія»
(лист № 1.4/18-Г-2826 від 24.12.08 р.)*

Палєхін В. П.

П 14 Фізика : підручник / В. П. Палєхін. – 2-ге вид. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. – 396 с.

ISBN 978-966-623-870-5

Підручник призначений для студентів-екологів. Він складається з чотирьох модулів: 1 – фізичні основи механіки; 2 – молекулярна фізика і термодинаміка; 3 – електрика і магнетизм; 4 – оптика й елементи фізики атома та атомного ядра.

Особливу увагу надано таким питанням: явища в атмосфері Землі, електричне і магнітне поле Землі та їх вплив на біологічні об'єкти; теплове, електромагнітне та іонізуюче випромінювання; джерела та виробництво енергії; шуми та радіаційний фон; парниковий ефект; проблема захоронення радіоактивних відходів; ядерна зброя.

До кожного модуля є нормативні навчальні елементи та приклади контрольних запитань.

Підручник може бути корисним і для студентів інших спеціальностей природничих факультетів університетів.

УДК 53(075.8)
ББК 22.3я73

ISBN 978-966-623-441-6 (1-ше вид.)

ISBN 978-966-623-870-5 (2-ге вид.)

©Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2009
©Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2012
© Палєхін В. П., 2009
© Палєхін В. П., 2012
© Літвінова О. О., макет обкладинки, 2009, 2012

ЗМІСТ

Передмова.....10
Частина 1. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ КЛАСИЧНОЇ МЕХАНІКИ... 15
Модуль1..... 16
Розділ 1. Основні поняття кінематики поступального й обертального руху 16
1.1. Матеріальна точка. Системи відліку. Кінематичний закон руху. Траєкторія. Вектор переміщення..... 16
1.2. Швидкість поступального руху..... 18
1.3. Прискорення. Прискорення при криволінійному русі..... 20
1.4. Кутова швидкість і кутове прискорення. Зв'язок між лінійною та кутовою швидкостями та прискореннями. Швидкості Землі 24
Розділ 2. Динаміка. 28
2.1. Сила. Перший закон Ньютона. Інерціальні системи відліку..... 28
2.2. Другий закон Ньютона. Імпульс. Основне рівняння динаміки поступального руху..... 30
2.3. Третій закон Ньютона 32
2.4. Центр мас системи матеріальних точок. Рівняння руху центра мас системи матеріальних точок 33
2.5. Момент сили. Плече сили. Пара сил..... 35
2.6. Основне рівняння динаміки обертального руху. Момент інерції. Момент імпульсу. 37
2.7. Гіроскопи. Гіроскопічний ефект. Прецесія. Нутація 39
2.8. Перетворення Галілея. Механічний принцип відносності. Границі застосовності законів класичної механіки..... 42
2.9. Неінерціальні системи відліку. Сили інерції 45
2.10.Сили інерції в системах відліку, що рівномірно обертаються. Сила Коріоліса. Відцентрова сила інерції 46
Розділ 3. Гравітаційне поле Землі. Енергія. Робота. Закони збереження в механіці..... 49
3.1. Закон всесвітнього тяжіння. Сила тяжіння. Вага тіла. Невагомість. Прискорення сили тяжіння..... 49
3.2. Інертна та гравітаційна маси 53
3.3. Гравітаційне поле і його характеристики. Припливи і відливи на Землі. Сили в механіці. Види деформацій. Закон Гука..... 54

3.4. Енергія. Робота. Потужність.
Кінетична і потенціальна енергії 62
3.5. Закони збереження в механіці. Зіткнення.
Умови рівноваги в механіці. Космічні швидкості.
Геостаціонарні супутники.....71
Розділ 4. Механіка рідин і газів..... 81
4.1. Тиск в нерухомих рідинах і газах.
Закон Паскаля. Закон Архімеда..... 81
4.2. Течія рідин і газів. Рівняння нерозривності течії.
Рівняння Бернуллі і деякі задачі гідродинаміки 84
4.3. Течія в'язкої рідини. Формула Пуазейля.
Число Рейнольдса. Сила Стокса..... 90
Розділ 5. Механічні коливання і пружні хвилі..... 94
5.1. Загальна характеристика коливальних процесів.
Гармонічні коливання. Гармонічний осцилятор.
Маятники. Гравіметрія.....94
5.2. Метод векторних діаграм. Додавання коливань
однакового напряму. Биття. Фігури Ліссажу..... 102
5.3. Згасаючі коливання і їхні характеристики 106
5.4. Вимушені коливання. Резонанс..... 108
5.5. Пружні хвилі. Енергія хвилі. Вектор Умова 111
5.6. Інтерференція хвиль. Стоячі хвилі.
Дифракція хвиль. Принцип Гюйгенса 119
5.7. Звукові хвилі. Боротьба із шумом. Модуляція хвиль.
Ефект Доплера. Сейсмічні хвилі. Вулканізм. Цунамі..... 124
Нормативні навчальні елементи з модуля 1 130
Приклади контрольних запитань до першого модуля..... 131
Частина 2. Молекулярна фізика і термодинаміка 134
Модуль 2..... 134
**Розділ 6. Основи молекулярно-кінетичної
теорії газів. Явища переносу** 134
6.1. Основні положення молекулярно-кінетичної
теорії речовини. Молекулярно-кінетичний
і термодинамічний методи. Макроскопічні
параметри речовини.Абсолютна температура.....134
6.2. Рівняння стану. Ідеальний газ. Основні газові закони.
Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газу 138
6.3. Атмосфера Землі. Атмосферний тиск.
Барометрична формула. Розподіл Больцмана..... 143

6.4. Розподіл Максвелла.
Найбільш характерні швидкості газових молекул 147
6.5. Реальні гази. Рівняння Ван-дер-Ваальса.
Теоретичні й експериментальні ізотерми
реального газу. Критичний стан речовини 150
6.6. Середня довжина вільного пробігу молекул.
Технічний і фізичний вакуум.
Загальне представлення про явища переносу 153
6.7. Дифузія. Коефіцієнт дифузії. Дифузія через напівроникні
перетинки і капіляри. Осмос. Осмотичний тиск 157
6.8. Теплопровідність. Коефіцієнт теплопровідності.
Конвекція. Променевий теплообмін 160
6.9. Внутрішнє тертя.
Коефіцієнт внутрішнього тертя. Надплинна рідина 162
6.10. Особливості явищ переносу у розріджених газах 164
Розділ 7. Молекулярні явища в рідинах..... 166
7.1. Будова рідин. Поверхневий натяг 166
7.2. Поверхневі явища на границі рідини і твердого тіла,
двох рідин. Адсорбція 169
7.3. Тиск під викривленою поверхнею рідини.
Формула Лапласа. Явище капілярності..... 171
7.4. Випаровування і кипіння рідин.
Вологість повітря.Точка роси. Смоги.....174
7.5. Рідкі кристали та полімери 178
Розділ 8. Основи термодинаміки.
Теплоємність. Ізопроцеси..... 181
8.1. Внутрішня енергія системи 181
8.2. Робота і теплота як форми передачі енергії.
Рівноважні процеси. Робота розширення газу..... 182
8.3. Теплоємність..... 185
8.4. Перший принцип термодинаміки.
Вічний двигун першого роду 185
8.5. Термодинамічний опис
найпростіших ізопроцесів. Рівняння Майера 187
8.6. Розподіл енергії за ступенями вільності..... 190
8.7. Внутрішня енергія ідеальних і реальних газів..... 192
8.8. Другий принцип термодинаміки.
Оборотні і необоротні процеси 193

8.9. Тепловий двигун. Цикл Карно.
ККД. Вічний двигун другого роду. Тепловий насос 195
8.10. Ентропія. Закон зростання ентропії 198
8.11. Ентропія і другий принцип термодинаміки.
Теплова «смерть» Всесвіту. Ентропія й екологія 200
Нормативні навчальні елементи з модуля 2 205
Приклади контрольних запитань до другого модуля 205
Частина 3. ЕЛЕКТРИКА І МАГНЕТИЗМ..... 208
Модуль 3……..……..……..208
Розділ 9. Електричне поле..... 208
9.1. Електричний заряд. Закон збереження
електричного заряду. Точковий заряд.
Закон Кулона. Діелектрична проникність середовища..... 208
9.2. Напруженість електростатичного поля.
Принцип суперпозиції. Лінії напруженості 211
9.3. Робота сил електростатичного поля.
Потенціальність поля. Потенціал..... 213
9.4. Зв’язок між напруженістю
і потенціалом електричного поля. Еквіпотенціальні поверхні 215
9.5. Розподіл електричних зарядів. Потік вектора $\vec{E}$.
Теорема Гаусса для вектора $\vec{E}$ у вакуумі. Поле рівномірно
зарядженої нескінченної площини, двох площин 217
9.6. Провідники в електростатичному полі.
Електростатичний захист..... 220
9.7. Діелектрики в електростатичному
полі. Види поляризації 222
9.8. Зв’язок вектора поляризації $\vec{P}$ з вектором напруженості $\vec{E}$.
Діелектрична сприйнятливість речовини. Вектор
електричної індукції $\vec{D}$. Зв’язок між векторами $\vec{D}$ і $\vec{E}$ 225
9.9. Електроємність. Конденсатори 227
9.10. Енергія електричного поля. Електричне поле Землі 230
Розділ 10. Постійний електричний струм 232
10.1. Сила електричного струму. Густина струму.
Сторонні сили. Електрорушійна сила і напруга 232
10.2. Закони Ома. Електричний опір. Надпровідник.
Закон Джоуля-Ленца. Потужність струму 235
10.3. Кола постійного струму. Правила Кірхгофа.
Дія електричного струму на живий організм.
Заземлення. Запобіжники 240

10.4. Електричний струм у газах. Блискавка. Громовідвід. Плазма. Електропровідність атмосфери Землі 243
10.5. Електричний струм у рідинах. Електроліз 247
Розділ 11. Магнітне поле 250
11.1. Індукція магнітного поля. Лінії індукції. Принцип суперпозиції 250
11.2. Закон Біо, Савара і Лапласа. Магнітне поле прямого провідника зі струмом 252
11.3. Потік і циркуляція вектора магнітної індукції $\vec{B}$. Магнітне поле соленоїда 254
11.4. Сила Ампера. Сила Лоренца і її роль у захисті поверхні Землі від космічного випромінювання. Мас-спектрометрія. МГД-генератор 256
Розділ 12. Магнітне поле в речовині. Магнітні властивості речовини 260
12.1. Магнітні моменти електронів і атомів. Спін. Вектор намагніченості. Циркуляція вектора намагніченості 260
12.2. Напруженість магнітного поля ($\vec{H}$). Циркуляція вектора $\vec{H}$. Зв'язок між векторами $\vec{J}$ і $\vec{H}$. Магнітна сприйнятливість. Магнітна проникність. Зв'язок між векторами $\vec{B}$ і $\vec{H}$ 263
12.3. Види магнетиків 265
Розділ 13. Електромагнітна індукція 269
13.1. Явище електромагнітної індукції. Закон Фарадея. Правило Ленца. Обертання рамки в магнітному полі. Змінний електричний струм. Електрогенератори. Електростанції. Електродвигуни 269
13.2. Вихрове електричне поле. Вихрові струми 271
13.3. Явище самоіндукції. Індуктивність соленоїда. Взаємна індукція. Трансформатор 274
13.4. Енергія магнітного поля. Магнітне поле Землі. Магнітне поле і біологічні об'єкти 277
Розділ 14. Рівняння Максвелла для електромагнітного поля 281
14.1. Струм зміщення. Основні положення теорії електромагнітного поля Максвелла 281
14.2. Система рівнянь Максвелла в інтегральній формі 282
14.3. Коливальний контур. Електричні коливання 284
14.4. Електромагнітні хвилі, їхні властивості. Вектор Пойнтінга 286

14.5. Шкала електромагнітних хвиль. Прозорість
і непрозорість речовини для електромагнітної хвилі.
Закон Бугера. Поширення радіохвиль. Озонова діра.
Парниковий ефект. Електромагнітне забруднення 289
Нормативні навчальні елементи з модуля 3 297
Приклади контрольних запитань до третього модуля 298
Частина 4. ОПТИКА……..……..….301
Модуль 4. ……..301
Розділ 15. Закони геометричної оптики. Інтерференція, дифракція, поляризація і розсіяння світла..... 301
15.1. Основні закони геометричної оптики.
Показник заломлення. Повне внутрішнє відбивання..... 301
15.2. Джерела світла. Основні фотометричні величини 306
15.3. Світлова хвиля. Інтерференція світла.
Інтерференція світла при відбиванні від тонких пластинок.
Кільця Ньютона. Практичне застосування інтерференції 308
15.4. Дифракція світла. Дифракційні решітки.
Спектральні характеристики приладу.
Поняття про голографію 315
15.5. Поляризація світла.
Поляризатор і аналізатор. Закон Малюса..... 321
15.6. Способи поляризації світла. Закон Брюстера.
Подвійне заломлення променів. Поляроїди 324
15.7. Обертання площини поляризації. Поляриметр.
Ефект Фарадея. Штучна оптична анізотропія. Ефект Керра..... 325
15.8. Розсіяння світла. Жива природа і світло 327
Розділ 16. Квантова природа випромінювання 330
16.1. Теплове випромінювання
і люмінесценція. Закон Кірхгофа. Чорна діра..... 330
16.2. Закони випромінювання чорного тіла. Формула Планка.
Кванти світла. Тепловий стан поверхні Землі. Альбедо..... 333
16.3. Оптична пірометрія. Лампи розжарювання 337
16.4. Фотоефект. Червона межа фотоефекту 338
Розділ 17. Хвильові властивості речовини 340

17.1. Хвилі де Бройля. Дифракція електронів
і інших частинок. Електронний мікроскоп 340
17.2. Співвідношення невизначеностей
Гейзенберга. Рівняння Шредінгера..... 341

Частина 5. ЕЛЕМЕНТИ ФІЗИКИ АТОМА Й АТОМНОГО ЯДРА 345
Розділ 18. Будова атома. Лазери. Рентгенівське випромінювання. Спектральний аналіз..... 345
18.1. Модель атома Резерфорда. Постулати Бора 345
18.2. Спонтанне і вимушене випромінювання. Лазери. Лідари. 347
18.3. Рентгенівське випромінювання. 349
18.4. Види спектрів випромінювання. Спектральний аналіз..... 351
Розділ 19. Елементи фізики атомного ядра..... 353
19.1. Склад і характеристики атомного ядра 353
19.2. Ядерні сили 354
19.3. Радіоактивність. Закон радіоактивного розпаду. Період піврозпаду. Активність радіоактивного препарату 355
19.4. Ядерні випромінювання. Правила зміщення. Радіоактивні сім'ї..... 358
19.5. Штучне перетворення атомних ядер. Активаційний аналіз..... 361
19.6. Радіоактивність у природі..... 362
19.7. Біологічна дія іонізуючого випромінювання. Дозиметрія. Захист від випромінювання..... 363
19.8. Експериментальні методи реєстрації радіоактивних випромінювань і частинок 367
Розділ 20. Ядерна енергетика. Космічні промені. Антиречовина 369
20.1. Джерела енергії. Кислотні дощі. Енергія зв'язку атомних ядер. Стійкість ядра. Ядерні реакції поділу 369
20.2. Ланцюгова реакція і види реакторів. Атомна електростанція. Атомна бомба..... 372
20.3. Реакції синтезу атомних ядер. Термоядерна реакція. Воднева бомба. Ядерна ніч. Ядерна зима..... 378
20.4. Космічні промені. Радіаційні пояси Землі. Антиречовина..... 381

Нормативні навчальні елементи з модуля 4 383
Приклади контрольних запитань до четвертого модуля 384
Рекомендована література.....386
Предметний покажчик.....387