О. Я. Кузнєцова, Н. П. Муранова

ФІЗИКА

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Частина 1

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник

Київ
Видавництво
Національного авіаційного університету «НАУ-друк»
2009

УДК 53(075.8)
ББК В 3я7
К 891

Тиражувати
без офіційного дозволу НАУ забороняється

Рецензенти:

Ю. І. Джежеря, д-р фіз.-мат. наук, проф.
(Національний технічний університет України «КПІ»)

Б. С. Карпінос, д-р тех. наук, проф.
(Інститут проблем міцності ім. Г. С. Писаренко НАН України)

І. П. Ільчишин, канд. фіз.-мат. наук, старш. наук. співроб.
(Інститут фізики НАН України)

Гриф надано Міністерством освіти і науки України
(Лист 1-4/18-Г-985 від 07.05.2008)

Кузнєцова О. Я.
К 891 Фізика : навч. посіб. Ч. 1/ О. Я. Кузнецова, Н. П. Муранова. — К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2009. — 328 с.

ISBN 978-966-598-524-2
ISBN 978-966-598-547-1 (Ч. 1)

Автори навчального посібника мали на меті допомогти учням систематизувати здобуті знання з фізики, підготувати їх до незалежного тестування та адаптувати до вимог навчання за кредитно-модульною системою.

Зміст посібника відповідає робочій навчальній програмі з фізики Інституту доуніверситетської підготовки Національного авіаційного університету та програмі загальноосвітнього навчального закладу.

Для абітурієнтів, слухачів підготовчих курсів, студентів, учителів та учнів середніх загальноосвітніх шкіл.

УДК 53(075.8)
ББК В3я7

ISBN 978-966-598-524-2
ISBN 978-966-598-547-1 (Ч. 1)

© Кузнєцова О. Я., Муранова Н. П., 2009
© НАУ, 2009

ПЕРЕДМОВА

Одна з фундаментальних концепцій Болонського процесу — *навчання впродовж усього життя*. Багаторічний викладацький досвід показав, що у студентів I курсу, учорашніх випускників шкіл, зовсім не розвинені або недостатньо розвинені вміння та навички самостійного опрацювання навчального матеріалу. Тому перед викладачем особливо гостро постає методичне завдання сформувати у студентів на I та II курсах навички самостійної роботи. За час, протягом якого студенти адаптуються до умов навчання у вищому закладі освіти і набувають умінь слухати викладача на аудиторних заняттях, самостійно готуватися до практичних та лабораторних занять із фізики, зазвичай нагромаджується велика кількість невиконаних завдань і, як наслідок, багато хто зі студентів втрачає інтерес до навчання та взагалі перестає відвідувати заняття. Таке розчарування в навчанні у студентів виникає ще в середині I семестру, коли з'являються «перші ластівки» заборгованостей.

Викладацький досвід підказує, що доцільно заздалегідь підготувати абітурієнтів до реалій майбутнього студентського життя, тобто до специфічної форми навчання у вищому навчальному закладі за модульно-рейтинговою технологією. Зрозуміло, що охопити такою підготовкою загалом усіх абітурієнтів України водночас неможливо. Проте варто спробувати започаткувати таку роботу в рамках підготовчих курсів інститутів доуніверситетської підготовки.

Навчальний посібник допоможе учням не тільки опанувати науковий метод, характерний для фізики, а й усвідомити, що цей метод є метод експериментальний, а отже, зрозуміти, що визначення, сформульовані на підставі логіки, наповнюються змістом лише за допомогою досліду, через вимірювання, оскільки будь-яке фізичне поняття має конкретне тлумачення тільки за умови, що з ним пов'язаний певний спосіб спостереження і вимірювання, без якого це поняття не можна застосувати під час дослідження реальних фізичних явищ.

Зрештою цей посібник допоможе чітко зрозуміти, що експериментальний характер фізичних законів має надзвичайно важливе

значення, бо саме завдяки йому фізика стала наукою про природу, а не системою теоретичних уявлень, які, проте, дозволяють визначати межі застосовності встановлених фізичних законів і теорій, що на них ґрунтуються, і побачити подальші перспективи розвитку науки.

Навчальний матеріал посібника систематизовано за логічною схемою спостереження *досвід — закон — приклад — математичний запис*. Особливістю видання є те, що кожний розділ структуровано за окремими темами, після опрацювання яких необхідно відповісти на тестові запитання та завдання. Увагу читача має привернути рубрика «Висновки», пропонована як для контролю знань, так і для самостійної роботи.

На початку кожного розділу подано ілюстрації, які показують зв'язок фізики з сучасними технологіями та допомагають ознайомитися з впливом фізичних досліджень на розвиток різних галузей науки і техніки.

Пропонований посібник сприятиме підготовці абітурієнтів до незалежного тестування з фізики та допоможе адаптуватися до вимог кредитно-модульної системи, впровадженої у вищих навчальних закладах.

Розділ 1

Механіка

Кінематика

Тема К-1. Рівномірний прямолінійний рух

Тема К-2. Рівнозмінний прямолінійний рух

Тема К-3. Прямолінійний рух тіл під дією сили тяжіння

Тема К-4. Криволінійний рух

Тема К-5. Рівномірний рух по колу

Динаміка

Тема Д-1. Закони Ньютона

Тема Д- 2. Сила гравітації. Вага тіла. Невагомість

Тема Д-3. Закон збереження імпульсу

Тема Д-4. Робота сили.

ВСТУП

Механіка вивчає найпростіший рух тіл у природі — переміщення тіл відносно інших тіл. Такий рух називається ***механічним рухом***.

Механіка, яка вивчає рух макроскопічних тіл зі швидкостями, набагато меншими за швидкість світла у вакуумі, що дорівнює $3 \cdot 10^8$ м/с, називається ***класичною***. Механіка яка вивчає рух тіл зі швидкостями, близькими до швидкості світла у вакуумі, називається ***релятивістською***. Релятивістська механіка, що описує рух тіл відносно інерційних систем відліку, ґрунтується на ***спеціальній теорії відносності***, яку створив А. Ейнштейн.

Класична механіка складається з таких розділів: кінематика, динаміка, статика.

Кінематика вивчає закономірності відносного руху тіл у просторі не залежно від причин, які його викликали. ***Динаміка*** досліджує вплив взаємодії між тілами на їхній механічний рух. ***Статика*** вивчає закони додавання сил і умови рівноваги тіл.

Кінематика поступального руху

Кінематика, як уже зазначалося, описує рух тіл, абстрагуючись від причин, що його викликали. Щоб описати рух, потрібно вибрати систему відліку. Сукупність тіла відліку і заданих на ньому початку відліку та осей координат і являє собою ***систему відліку***. Необхідно ще додати прилад для вимірювання часу. Систему відліку слід вибирати так, щоб вона давала змогу в найпростіший спосіб розв’язати фізичну задачу. Вивчаючи рух тіл на Землі, систему відліку потрібно поєднувати із Землею. Вивчаючи рух самої Землі, систему відліку найзручніше поєднувати із Сонцем. Таким

чином ***механічний рух відносний***, тобто завжди потрібно вказувати систему відліку.

Яку ж систему координат вибрати? Найчастіше застосовують декартову систему координат (рис. К-1).

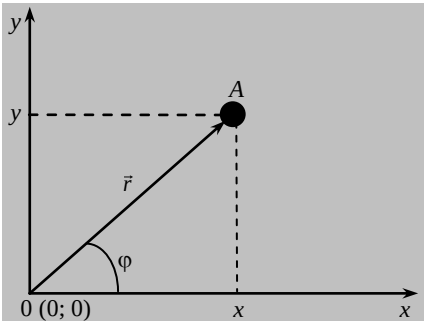


Рис. К-1

Вісь абсцис — Ox , вісь ординат — Oy, O — початок координат, де $x = 0$ і $y = 0$. Положення точки A відносно площини xOy задаємо за допомогою ***декартових координат*** x і y. Проте положення точки A можна задати не тільки її декартовими координатами (x; y), а й відстанню r цієї точки від початку відліку та кутом φ між віссю Ox і вектором $\vec{r}$. Пару величин ($\vec{r}$, φ) називають ***полярними координатами*** точки. Декартові і полярні координати однієї і тієї самої точки пов'язані між собою такими залежностями:

$$x = r\cos\varphi; \qquad \varphi = \operatorname{arctg}\frac{y}{x};$$
$$y = r\sin\varphi; \qquad r = \sqrt{x^2 + y^2}.$$

Вектор $\vec{r}$, який сполучає початок координат і точку A, ***називається радіусом-вектором A.***

Які об'єкти вивчає кінематика? Найпростішим об'єктом, рух якого вивчає класична механіка, є матеріальна точка. ***Матеріальна точка*** — це макроскопічне тіло, розмірами якого можна знехтувати порівняно з відстанями в умовах задачі. Матеріальних точок в природі не існує. Це фізична модель. Як вибрати матеріальну точку? Потрібно порівнювати розміри тіла з деякими відстанями, характерними для руху, що вивчається. Наприклад, Землю можна вважати за матеріальну точку під час розгляду її руху навколо Сонця. Характерним розміром тут є радіус земної орбіти ($15 \cdot 10^8$ км) порівняно з радіусом Землі (6400 км). Автомобіль (довжиною приблизно 3 м),

який проїхав, наприклад, по дорозі 1,5 км, також можна вважати матеріальною точкою і т. ін.

Які задачі розв'язує кінематика? ***Основна задача кінематики*** полягає у визначенні положення матеріальної точки в будь-який момент часу відносно вибраної системи відліку. Отже, потрібно знайти рівняння, яке встановлюватиме зв'язок між радіусом-вектором (або координатами) матеріальної точки і часом. Тобто маємо подати радіус-вектор (або координати) матеріальної точки як функцію часу:

$$\boxed{\vec{r} = \vec{r}(t), \text{ або } x = x(t), y = y(t).}$$

Для розв'язування поставленої задачі застосовують такі ***кінематичні характеристики*** руху:

- траєкторія;
- переміщення;
- шлях;
- швидкість;
- прискорення.

Траєкторією матеріальної точки (або просто точки) називається лінія, яку вона описує під час руху у просторі відносно вибраної системи відліку.

Траєкторія руху точки може мати форму будь-якої складної кривої лінії (рис. К-2).

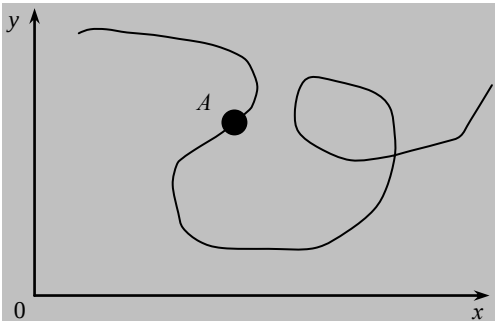
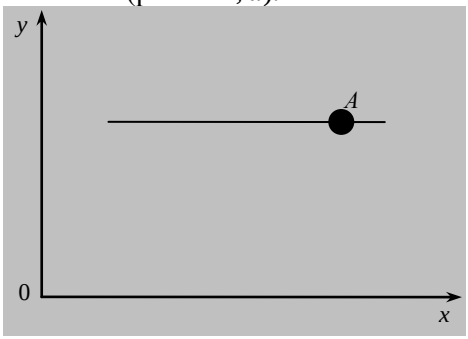


Рис. К-2

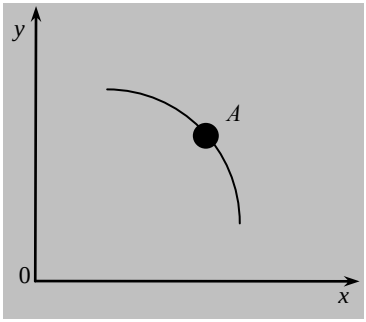
У такому разі говоритимемо про ***криволінійний рух*** точки. Проте зручно виокремити дві найпростіші форми траєкторії руху матеріальної точки: пряму лінію і коло (рис. К-3, *а*, *б*). Будь-яку криву лінію завжди можна подати як комбінацію прямої лінії і дуги кола.

Шлях — це довжина тієї частини траєкторії, яку пройшла матеріальна точка за даний проміжок часу Δt. Шлях позначається Δs.

Це скалярна величина (рис. К-4, *а*). Проте потрапити з точки *1* в точку *2* можна й інакше, тобто вздовж прямої, яка сполучає точку *1* з точкою *2* (рис. К-4, *а*).

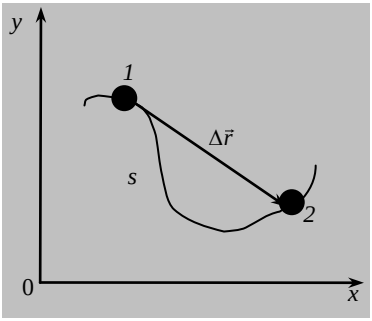


а

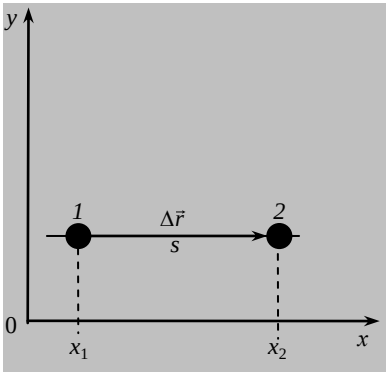


б

Рис. К-3



а



б

Рис. К-4

Лінія, яка сполучає початкове і кінцеве положення точки на траєкторії, називається ***вектором переміщення*** $\Delta\vec{r}$. Коли рух криволінійний, модуль вектора переміщення завжди менший за шлях (рис. К-4, *а*):

$$\left|\Delta\vec{r}\right| < \Delta s.$$

У тому разі, коли траєкторія руху точки являє собою пряму лінію, тобто рух прямолінійний, модуль вектора переміщення дорівнює шляху (рис. К-4, *б*):

$$\left|\Delta\vec{r}\right| = \Delta s.$$

При прямолінійному русі шлях, пройдений точкою за час Δt, визначається як різниця її координат:

$$\Delta s(t) = x_2 - x_1.$$

Узагальнюючи сказане, доходимо висновку, що модуль вектора переміщення або дорівнює шляху, або менший за шлях:

$$\boxed{\left|\Delta\vec{r}\right| \le \Delta s.}$$

Одиниця довжини шляху і переміщення в системі СІ — метр (м).

Ми знаємо, що положення тіла відносно системи відліку може змінюватися в різному темпі. У кінематиці вводиться величина, яка характеризує темп зміни зазначеного положення рухомої точки — це ***швидкість***.

Середньою швидкістю $\vec{v}_{\text{сер}}$ руху точки в інтервалі часу Δt називається вектор, який дорівнює відношенню вектора переміщення за цей час до інтервалу часу:

$$\vec{v}_{\text{сер}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}.$$

Швидкість — величина векторна, тому вона має напрям і модуль.

Вектор середньої швидкості напрямлений вздовж вектора переміщення (рис. К-5). Модуль вектора середньої швидкості:

$$\boxed{v_{\text{сер}} = \frac{\left|\Delta\vec{r}\right|}{\Delta t}.}$$

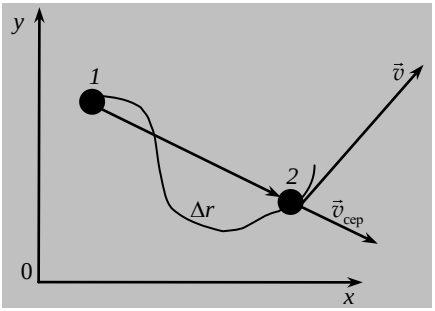


Рис. К-5

У випадку прямолінійного руху, як ми знаємо, модуль вектора переміщення дорівнює величині шляху, тоді:

$$\upsilon_{сер} = \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

Одиниця швидкості в системі СІ — метр за секунду (м/с).

Миттєва швидкість руху точки — це швидкість у даний момент часу в даній точці траєкторії. Миттєва швидкість напрямлена по дотичній до траєкторії в даній точці (див. рис. К-5).

Відомо, що тіло може рухатися одночасно відносно двох систем відліку. Найцікавіший випадок такого руху маємо, коли друга система відліку сама рухається відносно першої. Розглянемо приклад такого руху. Вагон трамвая рухається прямолінійно і рівномірно із швидкістю $\vec{v}_0$ відносно Землі. Людина рухається прямолінійно і рівномірно із швидкістю $\vec{v}'$ відносно вагона трамвая в тому самому напрямі. Потрібно визначити, з якою швидкістю $\vec{v}$ людина рухається відносно Землі. Введемо такі позначення: переміщення людини відносно Землі позначимо $\Delta\vec{r}$; переміщення вагона трамвая відносно Землі за той самий проміжок часу позначимо $\Delta\vec{r}_0$; переміщення людини відносно вагона трамвая за той самий час — $\Delta\vec{r}'$. Тоді

$$\Delta\vec{r} = \Delta\vec{r}_0 + \Delta\vec{r}',$$

або

$$\Delta\vec{r} = \vec{v}_0\Delta t + \vec{v}'\Delta t.$$

Поділивши ліву і праву частини рівності на Δt, дістанемо швидкість руху людини відносно Землі:

$$\boxed{\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{v}'.}$$

Це рівняння є математичним виразом ***класичного закону додавання швидкостей***: *швидкість руху тіла (людини) відносно нерухо-*

мої системи відліку (Землі) дорівнює векторній сумі швидкості руху рухомої системи відліку (вагону трамвая) відносно нерухомої системи і швидкості руху тіла відносно рухомої системи відліку.

Відомо, що під час руху швидкість тіла може змінюватися з часом, а може лишатися сталою. У кінематиці для характеристики темпу зміни швидкості вводиться вектор прискорення.

Прискоренням точки в інтервалі часу Δt називається вектор, який дорівнює відношенню вектора зміни швидкості за цей час до зазначеного інтервалу часу:

$$\boxed{\vec{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}.}$$

Прискорення напрямлене вздовж вектора зміни швидкості.

Одиниця прискорення в системі СІ — метр за секунду в квадраті (м/с^2).

ТЕМА Т-1 ТЕРМОДИНАМІКА. ВНУТРІШНЯ ЕНЕРГІЯ. КІЛЬКІСТЬ ТЕПЛОТИ

Т-1.1. Теоретичні відомості

Розділ фізики, в якому фізичні властивості досліджуваних систем вивчаються за допомогою термодинамічного методу, називається ***термодинамікою.*** На відміну від методів молекулярної фізики, термодинамічний метод дослідження фізичних явищ не враховує внутрішньої будови тих тіл, які вивчаються, і характеру руху атомів або молекул. Цей метод ґрунтується на вивченні різних ***перетворень енергії,*** які відбуваються в системі. Умови цих перетворень і співвідношення між різними видами енергії дають змогу вивчати фізичні властивості систем при найрізноманітніших процесах, в яких ці системи беруть участь. Згадаємо, що системою називається як окреме макроскопічне тіло, так і сукупність таких тіл.
Термодинаміка ґрунтується на встановлених експериментально першому і другому законах термодинаміки.

Внутрішня енергія

Внутрішньою енергією системи називається сума кінетичної енергії руху всіх атомів або молекул системи і потенціальної енергії їхньої взаємодії.

Внутрішня енергія ідеального газу являє собою кінетичну енергію руху молекул газу, оскільки за визначенням ідеального газу взаємодії між його молекулами немає.

Внутрішня енергія одного моля одноатомного ідеального газу

$$U_0 = N_A E_к = \frac{3}{2} N_A kT.$$

Оскільки $N_A k = R,$ то

$$U_0 = \frac{3}{2}RT.$$

$$\boxed{U = \frac{3}{2}\nu RT = \frac{3}{2}\frac{m}{\mu}RT,}$$

де m — маса газу.

Як бачимо, зміна температури системи змінює її внутрішню енергію.

Кількість теплоти. Теплоємність

Кількістю теплоти, наданої системі, називається кількість енергії, переданої системі зовнішніми тілами під час теплообміну. Теплообмін завжди відбувається між тілами або частинами одного тіла, нагрітими до різної температури. Існує три види теплообміну:

- конвективний теплообмін — це передавання теплоти між нерівномірно нагрітими рухомими частинами газу; газу і рідини; рідини і твердого тіла. Завдяки конвективному теплообміну нагрівається вода в батареях кімнатного опалення.
- теплопровідність — це передавання теплоти від однієї частини нерівномірно нагрітого тіла до другої його частини. Завдяки теплопровідності нагріваються стінки батарей кімнатного опалення: внутрішня більш нагріта стінка передає теплоту зовнішній менш нагрітій.
- теплообмін випромінюванням. Цей вид теплообміну відбувається без контакту між тілами, тобто під час випромінювання і поглинання електромагнітної енергії. Саме так Земля нагрівається сонячним випромінюванням.

Отже, під час теплообміну передається деяка кількість теплової енергії, і температура системи змінюється. Виникає задача математичного опису такого передавання енергії. Тому вводиться величина, яка встановлює зв'язок між кількістю теплоти, переданої системі, і зміною температури системи. Ця величина називається *теплоємністю*.

Теплоємність — це фізична величина, яка дорівнює відношенню кількості теплоти ΔQ, необхідної для нагрівання тіла від температури T до $T + \Delta T$, до різниці температур тіла ΔT:

$$\boxed{C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}.}$$

Одиниця теплоємності — Дж / К.

Питома теплоємність — це теплоємність, яка припадає на одиницю маси речовини:

$$c = \frac{C}{m}.$$

Одиниця теплоємності — Дж / (кг · К).

Молярна теплоємність — це величина, яка дорівнює добутку питомої теплоємності речовини на молярну масу цієї речовини:

$$C_{\mu} = c\mu.$$

Одиниця питомої теплоємності — Дж / (моль · К).

Тоді кількість теплоти, наданої тілу для зміни його температури від T до $T + \Delta T$, можна визначити так:

$$\Delta Q = C\Delta T,$$

або

$$\boxed{\Delta Q = cm\Delta T = cm\left(T_2 - T_1\right).}$$

Можна ще так визначити кількість теплоти:

$$\Delta Q = \frac{m}{\mu} C_{\mu}\left(T_2 - T_1\right).$$

Якщо $\Delta Q > 0$, тобто коли $T_2 > T_1$, ідеться про нагрівання тіла і, навпаки, якщо $\Delta Q < 0$, тобто $T_2 < T_1$, тіло охолоджується, віддаючи деяку кількість теплоти іншому тілу.

Агрегатні перетворення речовини

Усі речовини можуть існувати в рідкій, твердій або газоподібній формах. Такі форми речовини називають ***агрегатним станом***. Твердий і рідкий стан називається ***конденсованим***. Перехід речовини з рідкого стану в газоподібний називається ***пароутворенням***. Зворотний перехід називається ***конденсацією***. Перехід речовини з твердого

стану в рідкий називається ***плавленням***. Зворотний перехід називається ***кристалізацією***.

Кількість теплоти, якої потрібно надати рідині певної маси для того, щоб перевести її у газоподібний стан, визначається за формулою

$$\boxed{Q = rm,}$$

де r — питома теплота пароутворення; m — маса рідини.

Питомою теплотою пароутворення називається кількість теплоти, необхідної для перетворення 1 кг маси рідини на пару при температурі кипіння. Одиниця — Дж/кг.

Кількість теплоти, яку потрібно надати твердому тілу певної маси для того, щоб перевести його в рідкий стан, визначається за формулою

$$\boxed{Q = \lambda m,}$$

де λ — питома теплота плавлення; m — маса твердого тіла.

Питомою теплотою плавлення називається кількість теплоти, необхідної для перетворення твердого тіла масою 1 кг на рідину при температурі плавлення. Одиниця — Дж/кг.

Існують такі речовини, які при згорянні виділяють велику кількість теплоти. Їх називають ***паливом***. До таких речовин належать дерево, вугілля, нафта і нафтопродукти, газ.

Кількість теплоти, яка виділяється при згорянні палива, визначається так:

$$\boxed{Q = qm,}$$

де q — ***питома теплота згоряння палива***. Це кількість теплоти, яка виділяється під час повного згоряння 1 кг палива. Одиниця питомої теплоти згоряння палива — Дж/кг.

ЗМІСТ

Передмова 3

Розділ 1. МЕХАНІКА 5

Вступ 6

Тема К-1. Кінематика. Рівномірний прямолінійний рух . . 12

К-1.1. Теоретичні відомості 12

К-1.2. Завдання для поточного тестування 13

К-1.3. Висновки з теми 17

К-1.4. Приклади розв’язання задач 17

К-1.5. Задачі для аудиторного розв’язання 27

К-1.6. Задачі для самостійного розв’язання 28

Тема К-2. Рівнозмінний прямолінійний рух 31

К-2.1. Теоретичні відомості 31

К-2.2. Завдання для поточного тестування 33

К-2.3. Висновки з теми 37

К-2.4. Приклади розв’язання задач 38

К-2.5. Задачі для аудиторного розв’язання 48

К-2.6. Задачі для самостійного розв’язання 49

Тема К-3. Прямолінійний рух тіл під дією сили тяжіння . 51

К-3.1. Теоретичні відомості 51

К-3.2. Завдання для поточного тестування 54

К-3.3. Висновки з теми 57

К-3.4. Приклади розв’язання задач 58

К-3.5. Задачі для аудиторного розв’язання 65

К-3.6. Задачі для самостійного розв’язання 65

Тема К-4. Криволінійний рух 67

К-4.1. Теоретичні відомості 67

К-4.2. Завдання для поточного тестування 71

К-4.3. Висновки з теми 73

К-4.4. Приклади розв’язання задач 74

К-4.5. Задачі для аудиторного розв’язання 84

К-4.6. Задачі для самостійного розв'язання 86
Тема К-5. Рівномірний рух по колу 88

К-5.3. Висновки з теми. 93
К-5.4. Приклади розв'язання задач 93
К-5.5. Задачі для аудиторного розв'язання 98
К-5.6. Задачі для самостійного розв'язання 98

Тема Д-1. ДИНАМІКА 100

Тема Д-1. Закони Ньютона 100
Д-1.1. Теоретичні відомості 100
Д-1.2. Завдання для поточного тестування 108
Д-1.3. Висновки з теми. 113
Д-1.4. Приклади розв'язання задач 114
Д-1.5. Задачі для аудиторного розв'язання 131
Д-1.6. Задачі для самостійного розв'язання 133

Тема Д-2. Сили гравітації. Вага тіла. Невагомість 138
Д-2.1. Теоретичні відомості 138
Д-2.2. Завдання для поточного тестування 145
Д-2.3. Висновки з теми. 148
Д-2.4. Приклади розв'язання задач 148
Д-2.5. Задачі для аудиторного розв'язання 156
Д-2.6. Задачі для самостійного розв'язання 157

Тема Д-3. Закон збереження імпульсу 159
Д-3.1. Теоретичні відомості 159
Д-3.2. Завдання для поточного тестування 160
Д-3.3. Висновки з теми. 161
Д-3.4. Приклади розв'язання задач 161
Д-3.5. Задачі для аудиторного розв'язання 169
Д-2.6. Задачі для самостійного розв'язання 169

Тема Д-4. Робота сили. Енергія. Закон збереження енергії. . . 171
Д-4.1. Теоретичні відомості 171
Д-4.2. Завдання для поточного тестування 177
Д-4.3. Висновки з теми. 180
Д-4.4. Приклади розв'язання задач 181
Д-4.5. Задачі для аудиторного розв'язання 192
Д-4.6. Задачі для самостійного розв'язання 193

Тема Д-5. Механіка рідини та газів 196
Д-5.1. Теоретичні відомості 196

Д-5.2. Завдання для поточного тестування 202
Д-5.3. Висновки з теми 205
Д-5.4. Приклади розв'язання задач. 206
Д-5.5. Задачі для аудиторного розв'язання 214
Д-5.6. Задачі для самостійного розв'язання 215

Розділ 2. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА . 217

Тема М-1. Основи молекулярної-кінетичної теорії будови речовини 218
М-1.1. Теоретичні відомості. 218
М-1.2. Завдання для поточного тестування 224
М-1.3. Висновки з теми 226
М-1.4. Приклади розв'язання задач 226
М-1.5. Задачі для аудиторного розв'язання 232
М-1.6. Задачі для самостійного розв'язання. 233

Тема М-2. Рівняння стану ідеального газу. Газові закони . . 235
М-2.1. Теоретичні відомості. 235
М-2.2. Завдання для поточного тестування 239
М-2.3. Висновки з теми 241
М-2.4. Приклади розв'язання задач 242
М-2.5. Задачі для аудиторного розв'язання 247
М-2.6. Задачі для самостійного розв'язання. 249

Тема Т-1. Внутрішня енергія. Кількість теплоти 252
Т-1.1. Теоретичні відомості 252
Т-1.2. Завдання для поточного тестування 255
Т-1.3. Висновки з теми 259
Т-1.4. Приклади розв'язання задач. 259
Т-1.5. Задачі для аудиторного розв'язання 265
Т-1.6. Задачі для самостійного розв'язання 266

Тема Т-2. Перший закон термодинаміки 268
Т-2.1. Теоретичні відомості 268
Т-2.2. Завдання для поточного тестування 271
Т-2.3. Висновки з теми 274
Т-2.4. Приклади розв'язання задач. 274
Т-2.5. Задачі для аудиторного розв'язання 278
Т-2.6. Задачі для самостійного розв'язання 279

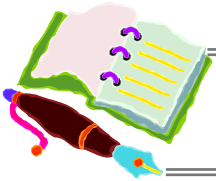
Тема Т-3. Другий закон термодинаміки. Теплові машини. . . 281
Т-3.1. Теоретичні відомості 281
Т-3.2. Завдання для поточного тестування 284

Т-3.3. Висновки з теми 286
Т-3.4. Приклади розв'язання задач. 286
Т-3.5. Задачі для аудиторного розв'язання 289
Т-3.6. Задачі для самостійного розв'язання 289

Тема Т-4. Рідини і тверді тіла 292
Т-4.1. Теоретичні відомості 292
Т-4.2. Завдання для поточного тестування 297
Т-4.3. Висновки з теми 299
Т-4.4. Приклади розв'язання задач. 299
Т-4.5. Задачі для аудиторного розв'язання 305
Т-4.6. Задачі для самостійного розв'язання 306

ДОДАТКИ 309

Список літератури 322



СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Кузнєцова О. Я.* Фізика: навч. посібник / *О. Я. Кузнєцова, Н. П. Муранова.* — К.: Книжкове вид-во НАУ, 2007. — 316 с.

2. *Элементарный* учебник физики: уч. пособие в 3-х т. / под ред. Г. С. Ландсберга. Т. I. Механика. Теплота. Молекулярная физика. — М. : 1972. — 656 с.

3. *Элементарный* учебник физики : уч. пособие в 3-х т. / под ред. Г. С. Ландсберга. Т. II. Электричество и магнетизм. — 10-е изд., перераб. — М. : Наука, 1985. — 480 с.

4. *Элементарный* учебник физики: уч. пособие в 3-х т. / под ред. Г. С. Ландсберга. Т. III. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. — 10-е изд., перераб. — М. : Наука., 1986. — 656 с.

5. *Кабардин О. Ф.* Физика: справочные материалы / *О. Ф. Кабардин.* — М. : Просвещение, 1990. — 165 с.

6. *Савченко Н. Е.* Ошибки на вступительных экзаменах по физике: справ. пособие / *Н. Е. Савченко.* — Минск : Вышэйш. шк., 1992. — 368 с.

7. *Третьяков І. Г.* Практичні заняття: навч. посібник / *І. Г. Третьяков, Н. П. Муранова.* — К. : Книжкове вид-во НАУ, 2006. — 310 с.

Навчальне видання

КУЗНЄЦОВА Олена Яківна
МУРАНОВА Наталія Петрівна

Ф І З И К А

Навчальний посібник

Частина 1

Редактор *Л. Бондаренко*
Коректор *Л. Романова*
Художник обкладинки *Т. Зябліцева*
Верстка *А. Гедзюк*

Підп. до друку 16.06.09. Формат 60×84/16. Папір офс.
Офс. друк. Ум. друк. арк. 19,06. Обл.-вид. арк. 20,5.
Тираж 500 пр. Замовлення № 152-1.

Видавництво Національного авіаційного університету «НАУ-друк»
03680, Київ-58, просп. Космонавта Комарова, 1

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 977 від 05.07.2002