МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ФІЗИКА

Збірник задач

Рекомендовано науково-методичною радою Київського національного університету будівництва і архітектури як навчальний посібник для студентів усіх спеціальностей

Київ 2009

УДК: 53(075)
ББК 22.3я7
Ф50

Рецензенти: *В.І. Григорук*, д-р фіз.-мат. наук, професор, зав. кафедри квантової радіофізики Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, лауреат Державної премії в галузі науки і освіти
А.М. Король, д-р фіз.-мат. наук, професор, зав. кафедри фізики Національного університету харчових технологій

Автори-укладачі: В.І. Клапченко, І.О. Азнаурян, В.А. Глива, Ю.І. Григораш, В.Б. Долгошей, В.О. Климешко, Г.Ю. Краснянський, Г.В. Кучерова, О.В. Панова, С.М. Пономаренко, В.І. Тарасевич

Рекомендовано науково-методичною радою Київського національного університету будівництва і архітектури, протокол № 8 від 25 червня 2008 року.

Фізика. Збірник задач: навчальний посібник для студентів усіх
Ф50 спеціальностей / В.І. Клапченко, І.О. Азнаурян, В.А. Глива та ін.; за заг. ред. В.І. Клапченка. – К.: КНУБА, 2009. – 252 с.

Мета посібника – допомога студентам під час підготовки практичних занять та виконання індивідуальних завдань з фізики. Містить програму дисципліни «Фізика», теоретичні відомості, необхідні для розв’язання задач, приклади розв’язування та оформлення робіт, збірник завдань для індивідуальних робіт, довідковий матеріал.

Призначено для студентів усіх спеціальностей.

УДК: 53(075)
ББК 22.3я7

© В.І. Клапченко, І.О. Азнаурян, В.А. Глива, Ю.І. Григораш, В.Б. Долгошей, В.О. Клименко, Г.Ю. Краснянський, Г.В. Кучерова, О.В. Панова, С.М. Пономаренко, В.І. Тарасевич, 2009
© КНУБА, 2009

Передмова

Найбільш ефективною перевіркою засвоєння студентом знань з фізики є вміння застосувати ці знання до розв'язування задач. Навчити майбутнього інженера переводити реальні ситуації, що виникають на виробництві та в повсякденному житті, на мову фізичних законів та знаходити їхнє вирішення – головна мета вивчення дисципліни «Фізика» в технічному навчальному закладі. Тому підготовці методичних та дидактичних матеріалів для проведення практичних занять та виконання контрольних (індивідуальних) робіт кафедра фізики завжди приділяла значну увагу.

Зокрема, були видані методичні вказівки для виконання індивідуальних контрольних робіт студентами заочної форми навчання, відповідно рівень завдань було дещо спрощено [1-5]. Наступне видання збірника задач з фізики [6] було зорієнтоване на прив'язку курсу фізики до будівельного виробництва. Задачі цього посібника формувались на основі конкретних пристроїв і процесів, які безпосередньо застосовувались на виробництві та в будівельному матеріалознавстві. Необхідність описувати реальні пристрої призводила до різкого зростання текстів-формулювань самих задач, ускладнюючи тим самим розуміння фізичної суті. Тому, подібні задачі в навчальному процесі ми використовували частково.

Видання збірників завдань 2000 - 2002 рр. [7; 9] було зорієнтоване на покращення засвоєння студентами фізики і містило задачі з підвищеним рівнем складності. Значна кількість завдань була евристичного характеру. Використання цих посібників у наступні роки показало чимало складності наших студентів з виконання із завдань самостійно. Відсутність вступного екзамену з фізики в технічні ВНЗ почало даватися взнаки. Наші студенти задовільно можуть впоратися хіба що із завданнями видання [8] для підготовчих відділень.

Входження нашої країни в болонський процес обумовило багато особливостей у підходах до навчального процесу. Зокрема, це стосується тих видів навчальної роботи, на які орієнтований даний посібник. Тобто, тепер ми повинні здійснити підбір задач, *орієнтованих на майбутнього інженера, здатного до чіткого виконання розрахунків при розумінні фізичної суті*. Така основна мета даного видання. Підкреслимо, що посібник формувався з урахуванням усіх попередніх

доробок кафедри фізики, отже вибір задач був досить широкий. Деякі дуже прості задачі (задачі-запитання) та складні задачі евристичного характеру, були вилучені та замінені новими.

Входження в болонський процес обумовило і деякі особливості в структурі збірника завдань. Ми врахували, що даний посібник розрахований на використання його як студентом, так і викладачем. Викладач використовує його під час підготовки та проведення практичних занять, у той час як студенту він необхідний значно частіше: на практичних заняттях; індивідуальних заняттях під контролем викладача (ІРК); під час самопідготовки; виконання індивідуальної контрольної роботи. Тому структуру посібника ми намагались зробити максимально простою, зрозумілою і корисною студентові.

По-перше, наведено робочу програму дисципліни «Фізика», що поділена на змістовні модулі та теми відповідно до вимог болонського процесу. По-друге, щоб максимально допомогти студентові, наведено два розділи, орієнтовані виключно на нього. Якщо студент має бажання, то уважно вивчивши та виконавши рекомендації розділів «Як навчитись розв’язувати …» та «Як правильно оформляти задачі та контрольну роботу…», він може засвоїти всі основні «секрети фізичної кухні» розв’язування задач.

І по-третє, п’ять глав – це п’ять основних змістовних модулів. У першому розділі відповідної глави наведений короткий теоретичний довідник до кожного модуля. Звісно, цей матеріал недостатній для повного засвоєння відповідного модуля, тому що в ньому дано лише основні поняття, закони та рівняння, які необхідно знати при розв’язуванні задач. У такому разі при самопідготовці до практичних занять студентові необхідно використовувати один з рекомендованих посібників або підручників, наведених у списку літератури. Другим розділом кожної глави є, власне, збірник завдань для індивідуальної контрольної роботи з відповідного змістовного модуля. Є, правда, одна особливість: у модулі 4 «Коливальні та хвильові процеси, оптика» виділено теоретичний матеріал та задачі на окрему тему – «Геометрична оптика та оптичні вимірювання», яка для напрямів підготовки «Інженерна геодезія», «Землевпорядкування та кадастр» може бути виділена в окремий модуль.

Традиційно для збірників задач наш посібник також завершується довідковими таблицями фізичних величин, властивостей матеріалів, характеристик процесів і т.п., знання яких необхідне при розв'язуванні окремих задач.

Крім простоти в структурі, ми намагались забезпечити простоту в користуванні посібником ще й тим, що ліквідували складну нумерацію формул та рисунків і, відповідно, посилання на них.

Деякі елементи спрощення структури посібника мають особливе методичне навантаження. Зокрема, задачі в межах одного змістовного модуля не поділені на окремі теми і мають нумерацію з двох чисел: перше число від 1 до 5 – це номер модуля, а друге є наскрізним номером задачі в межах даного модуля. Це зручно при комп'ютерному формуванні варіантів контрольних робіт. А от виділення тем було б незручністю і додатковою підказкою, а ми орієнтуємо студента на те, щоб фізику явища він визначає виключно за умовою задачі. Крім того, при формулюванні задач ми намагались якомога менше вживати літерні позначення фізичних величин, називаючи лише фізичні терміни та наводячи їхні величини. Це також є елементом активізації вивчення фізики, побудованому на засвоєнні термінології та лексики навчальної дисципліни. Щоб ліквідувати спроби розв'язування задач без розуміння їхнього фізичного змісту (наприклад, методом підбору для отримання числової відповіді), ми не наводимо відповідей до тих задач, що входять у другий розділ кожної глави і використовуються для контрольних робіт.

Робоча програма дисципліни «Фізика»

Модуль 1 «МЕХАНІКА»

Тема 1.1. Вступ до фізики. Предмет фізики. Зв'язок фізики з іншими науками. Взаємозв'язок фізики та техніки. Комп'ютери та моделювання в фізиці. Структура та мета викладання курсу фізики. Фізичні величини та їхні вимірювання. Міжнародна система одиниць.

Вступ до механіки. Предмет механіки. Класична, релятивістська та квантова механіки. Фізичні моделі механіки. Простір та час. Системи відліку.

Тема 1.2. Елементи кінематики. Переміщення, шлях. Швидкість та прискорення. Нормальне та тангенціальне прискорення. Рівняння руху матеріальної точки. Поступальний та обертальний рухи. Рух по колу. Кутова швидкість та кутове прискорення, їхній зв'язок із лінійними величинами. Рівняння руху точки по колу.

Тема 1.3. Динаміка точки і системи матеріальних точок. Закони Ньютона. Сила. Маса. Інерціальні системи відліку. Сили інерції. Рух у неінерціальних системах відліку. Закон динаміки системи матеріальних точок. Центр мас. Імпульс. Закон збереження імпульсу. Рух тіл змінної маси.

Тема 1.4. Динаміка обертального руху. Степені вільності руху абсолютно твердого тіла. Момент сили. Момент інерції. Закон динаміки обертального руху. Умови рівноваги твердого тіла. Центр ваги. Види рівноваги. Момент імпульсу. Закон збереження моменту імпульсу. Уявлення про гіроскопи.

Тема 1.5. Закон збереження енергії. Енергія, робота та потужність. Кінетична енергія поступального та обертального рухів. Потенціальна енергія. Енергія пружно деформованого тіла. Потенціальна енергія матеріальної точки у гравітаційному полі. Гравітаційне поле та його характеристики. Зв'язок напруженості поля з його потенціалом. Потенціальні сили та консервативні системи. Закон збереження енергії у механіці. Пружний та непружний удари тіл та частинок.

Тема 1.6. *Елементи механіки суцільних середовищ. Механічні властивості твердих тіл, рідин та газів. Види деформацій, пружність та повзучість. Закон Гука.

Ламінарна та турбулентна течії. Циркуляція. Сили в'язкого тертя. Рівняння нерозривності та Бернуллі для стаціонарної течії ідеальної рідини. Течія рідин та газів по трубах. Рух твердих тіл у рідинах та газах. Уявлення про теорію подібності.

Тема 1.7. Елементи спеціальної теорії відносності. Принцип відносності класичної механіки. Перетворення координат Галілея та їхні інваріанти. Передумови спеціальної теорії відносності. Постулати Ейнштейна. Перетворення координат Лоренца. Релятивістський закон додавання швидкостей. Відносність довжин та проміжків часу. Інтервал між подіями. Основний закон релятивістської динаміки. Релятивістський імпульс. Взаємозв'язок маси та енергії. Границі застосовності класичної механіки.

ЯК НАВЧИТИСЬ РОЗВ'ЯЗУВАТИ ЗАДАЧІ З ФІЗИКИ?

Необмежені можливості для розвитку інженерного мислення надає студентові процес навчання розв'язуванню задач з фізики, стимульований його *бажанням* навчитись робити це самостійно.

Методиці розв'язування фізичних задач присвячено багато спеціальних посібників, зокрема [11] і при бажанні студенти можуть до них звернутись. А ми спробуємо простою мовою, без вживання спеціальної термінології з теорії пізнання, донести до студента особливості методики розв'язування задач з фізики.

Існують три основні прийоми пошуку розв'язків задач: аналітико-синтетичний, алгоритмічний, евристичний. Ці наукові назви насправді мають досить простий зміст. Перший з них походить від поєднання двох термінів: «аналіз» (розклад цілого на окремі складові елементи) та «синтез» (об'єднання елементів в єдине ціле). Другий походить від поняття «алгоритм», що означає скінчений набір правил та дій (свого роду інструкцію), що дозволяє чисто механічно вирішити будь-яку конкретну задачу з певного класу однотипних задач. Ну а третій має походження від слова «еврика» (вигук радості Архімеда «Я знайшов!») оснований на знаходженні розв'язку проблеми за допомогою придумування нового, особливого підходу, який не випливає з умов задачі. Тобто, цей прийом передбачає, що в якийсь момент аналізу задачі мають прозвучати слова: «Є ідея…».

Звичайно *аналітико-синтетичний* прийом є найпоширенішим при вирішенні будь-яких задач, фізичних та інженерних проблем. Його застосування до окремого класу однотипних задач дає змогу узагальнити та сформувати *алгоритмічний* прийом. Тому більшість задач даного посібника (95%) вирішуються саме за допомогою них. І лише тому, що деякі інженерні чи побутові проблеми в явному вигляді не мають підказки до свого вирішення, а вимагають застосування *евристичних* прийомів, у посібнику збережено близько 5% подібних задач.

Наведемо оптимальну послідовність дій, які бажано виконувати при розв'язанні задач. Цю послідовність можна подати у вигляді окремих *етапів* роботи, які є обов'язковими і, фактично, однаковими для всіх трьох прийомів.

Перший етап. Запис умови задачі та засвоєння її змісту. Цей етап вважається виконаним повністю, якщо студент, не підглядаючи в записи, може своїми словами передати зміст задачі, не зациклюючись на числових значеннях. Але обов'язково намагатись дати відповідь на таке. Які об'єкти описані в задачі? Які характеристики цих об'єктів відомі? Що потрібно визначити в задачі? Запис умови задачі одночасно є і елементом оформлення задачі при виконанні контрольної роботи.

Другий етап. Аналіз фізичної суті задачі. Тобто мова йде про розпізнання за умовою задачі того фізичного явища, яке розглядається в задачі, визначення розділу та теми курсу фізики, де воно описане. Фактично це є пошук відповіді на запитання: що необхідно знати, щоб дати відповідь на запитання задачі? Для цього необхідно (за допомогою підручника чи короткого теоретичного довідника) виділити особливості явища, виписати закони, рівняння та інші співвідношення, що його описують, та занести їх до чернетки. При оформленні роботи цього важливого етапу в явній формі не видно. А це якраз основна аналітична робота по осмисленню фізичної суті задачі та пошуку тих знань, які приведуть до вирішення задачі.

Наприклад, маємо задачу: куля , що летіла горизонтально зі швидкістю 400 м/с, попадає в брусок, підвішений на нитці довжиною 4 м і застрягає в ньому. Визначити кут, на який відхилиться брусок, якщо маса кулі 20 г, маса бруска 5 кг. Опис ситуації досить простий, об'єкти відомі, параметри задані (брусок на початку був нерухомий). Потрібно визначити кут відхилення такого балістичного маятника. Яка фізична суть явища? Коротка швидкоплинна взаємодія кулі та бруска в фізиці називається *ударом*. Удари розглядаються в механіці, в темі застосування законів збереження. Є удари пружні та абсолютно непружні. Якщо куля застрягла (тобто між кулею та бруском існувало тертя і після зіткнення вони рухаються як одне ціле), то це абсолютно непружний удар і описується він *законом збереження імпульсу*. Подальший рух бруска відбувається без тертя і тому справедливий *закон збереження механічної енергії*. Таким чином, при розв'язанні задачі потрібно буде застосувати ці два закони збереження.

Третій етап. Короткий запис та модель задачі. Під час виконання двох попередніх етапів у студента повинна виникнути повна картина явища, яку можна подати у вигляді графічного представлення. Це може бути рисунок, схема, діаграма, графік залежності характеристик і т.п.

Графічні представлення є бажаними, тому що стимулюють введення позначень фізичних величин. Використовуючи умову задачі та позначення величин, згаданих у задачі, виписують значення величин, які відомі. При оформленні роботи короткий запис виділяють словом «Дано:» (див. приклади розв'язання задач у наступному розділі). Шукані величини відділяють рискою від заданих.

При формуванні короткого запису важливо дуже уважно ще раз проаналізувати умову задачі та виявити приховані або неявно задані параметри. Наприклад, у задачі: визначити гальмівний шлях автомобіля, який почав гальмування при швидкості 72 км/год, маючи коефіцієнт тертя ковзання на асфальтному покритті 0,7. Тут явно задані значення двох величин. Цього замало для розв'язання задачі. Але знаючи, що гальмівним шляхом називають відстань від початку гальмування до повної зупинки, знаходимо неявно задане значення кінцевої швидкості – вона дорівнює нулеві. Крім того, гальмування є сповільненим рухом, найпростішим випадком якого є рівносповільнений. Якщо немає інших вказівок, то ми отримуємо прихований параметр процесу – це рух зі сталим прискоренням гальмування.

Четвертий етап. Формування фізико-математичної моделі задачі. При оформленні задачі цей етап починається після слова «Розв'язання». Це і є серцевина фізичної задачі. Тут зібрано в логічній послідовності все, що було зроблено на трьох попередніх етапах: названі словами ті закони та рівняння, що описують фізичні явища задачі, наведені самі рівняння з використанням позначень короткого запису та графічного відображення задачі, введені додаткові умови та зв'язки між величинами, якщо це оговорено в умові задачі. Власне, це – сформована система математичних рівнянь, що описує фізичні явища конкретної задачі.

П'ятий етап. Розв'язок задачі в загальному вигляді. Цей етап, як і всі наступні, є традиційним і, фактично, стандартним за процедурою. Потрібно правильно розв'язати отриману систему рівнянь, послідовність окремих рівнянь чи якесь одне складне рівняння. Шукані величини мають бути виражені формулою через літерні позначення відомих у задачі величин або загальновідомих фізичних констант.

Шостий етап. Перевірка розмірності або одиниць вимірювання. При оформленні задач цей етап завжди відмічають якраз тими словами, які виписані в назві етапу. Для визначення розмірності (або одиниць

вимірювання) шуканих у задачі величин у розрахункову формулу для неї підставляють розмірність (без числових значень) відомих величин, через які вона визначена. Приклади, можна подивитись у наступному розділі.

Сьомий етап. Розрахунки числових значень шуканих величин. При оформленні задачі цей етап починається словами «Підставимо значення:». Зауважимо, що перед тим як підставляти фізичні величини у відповідну формулу, їх обов'язково виражають в одиницях міжнародної системи одиниць СІ. При цьому, у формулу підставляють лише числові значення величин без їхніх одиниць вимірювання. Приклади можна подивитись у наступному розділі.

Восьмий етап. Аналіз результатів. Цей етап не є обов'язковим, бо іноді така перевірка здійснюється автоматично, майже підсвідомо, як тільки отриманий результат вражає своєю несуразністю. Наприклад, у задачі визначена швидкість руху електрона, прискореного в електричному полі, значення якої – $5 \cdot 10^9$ м/с. Це більше, ніж швидкість світла у вакуумі, тому очевидно, що задача вирішена невірно. Але в деяких випадках такий аналіз є доцільним або необхідним. Наприклад, якщо в задачі на динаміку руху тіл при наявності сил тертя отримано результат для прискорення системи зі знаком мінус, це не означає, що виникла помилка при виборі напрямку руху і потрібно вважати результат вірним, тільки змінити його напрям. У цьому випадку задачу потрібно розв'язати заново, вибравши протилежний напрямок можливого руху. Результат обов'язково буде іншим, можливо, також зі знаком мінус. А це означатиме, що рух не виникне взагалі.

Для подібних складних випадків іноді в задачах присутня пряма вказівка: проаналізувати отриманий результат. Тоді при оформленні задачі цей етап стає обов'язковим.

Дев'ятий етап. Відповідь. Після тієї великої роботи, яку ви провели на попередніх етапах, залишилось красиво оформити результат. Сформулюйте, які величини ви отримали, їхні значення та одиниці вимірювання. Якщо є якісь особливі зауваження – зробіть їх.

Які ж особливості в розглянутій послідовності дій при розв'язуванні задач накладає використання *алгоритмічного* прийому? При оформленні задач – ніяких, при розв'язуванні – значні спрощення. Наприклад, ціла група задач кінематики на рух в полі сили тяжіння

дозволяє розгляд їх за простою інструкцією, пропускаючи всю роботу перших чотирьох етапів:

а) зробіть традиційний вибір системи координат $x0y$ - $0x$ по горизонталі в напрямку руху, $0y$ вертикально вверх;

б) врахуйте, що вектор прискорення вільного падіння g орієнтований вертикально вниз;

в) запишіть систему рівнянь для координат та швидкостей:

$$\begin{cases} x = x_0 + \upsilon_{0x}t + \dfrac{a_x t^2}{2} \\ y = y_0 + \upsilon_{0y}t + \dfrac{a_y t^2}{2} \\ \upsilon_x = \upsilon_{0x} + a_x t \\ \upsilon_y = \upsilon_{0y} + a_y t \end{cases};$$

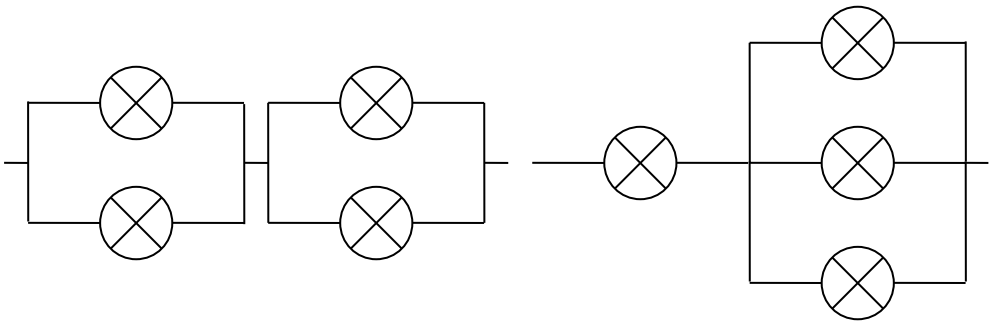
г) користуючись умовою задачі та власним вибором розташування системи координат, визначте ті величини, що відомі і входять у систему рівнянь;

д) розв’яжіть систему рівнянь відносно невідомих величин. А далі все так як в шостому – дев’ятому етапах. Під час проведення практичних занять викладачі намагаються. в першу чергу, розв’язати типові задачі, тобто підготувати свого роду інструкції, шаблони для значної кількості задач, які зустрінуться в контрольній роботі.

Ще раз підкреслимо, що і ті задачі, які вимагають застосування *евристичних* прийомів при розв’язуванні, розглядаються за тією ж послідовністю дій, тобто включають усі наведені вище етапи. Особливість цих задач проявляється лише в тому, що на четвертому етапі, крім наведення необхідних рівнянь і законів, має бути сформульована ідея, особливий підхід пошуку рішення. У студента може виникнути запитання: як йому дізнатись, що він має справу з подібною задачею? Про це можна дізнатись ще на третьому етапі. Це завжди буде у випадках, коли неможливо уявити повну модель задачі, тобто, всі стадії процесу, або повну геометрію, або готову схему, або єдиний кінцевий результат.

Наведемо приклад подібної задачі. У мережу з напругою 220 В необхідно ввімкнути лампи, розраховані на напругу 110 В: дві лампи

потужністю 25 Вт, одну – 50 Вт і одну – 100 Вт. За якою схемою їх потрібно ввімкнути в мережу, щоб вони працювали в номінальному режимі? Очевидна необхідність застосування евристичного прийому закладена в формулюванні задачі: готова схема з'єднання невідома. Тому, навіть скрупульозно виконавши всі необхідні дії перших чотирьох етапів, виписавши формули для потужності, що виділяється на лампі, формули для розрахунку послідовних та паралельних з'єднань, розв'язок знайти неможливо. Потрібна *ідея пошуку розв'язку*. Для цієї задачі вона така. Щоб отримати з напруги 220 В напругу 110 В потрібно її прикласти до послідовного з'єднання двох однакових опорів. Тобто схема включення ламп має складатись з двох груп, з'єднаних послідовно. А щоб забезпечити номінальну напругу 110 В на кожній лампі, в межах кожної групи лампи мають з'єднуватись паралельно. Отримаємо всього дві можливих схеми:



Тепер можна продовжити розв'язування за традиційною схемою. Використовуючи формулу для потужності, що виділяється на кожній лампі, отримаємо величини їхніх опорів. Співвідношення опорів таке: одна лампа має опір R, ще одна – $2R$ і дві з опором $4R$. Легко перевірити, що єдиною можливою схемою є наведена праворуч, в якій окремо включена лампа 100 Вт і три інших – паралельно.

Насамкінець, дамо одну практичну рекомендацію для тих, хто хоче навчитись розв'язувати задачі самостійно. У наступному розділі наведені приклади розв'язування та оформлення задач і всієї контрольної роботи. Найбільшого навчального ефекту від цих прикладів можна досягти, використавши умови наведених там задач та провівши

самостійний розв’язок відповідно до запропонованої схеми. А після цього – порівняти розв’язки.

ЯК ПРАВИЛЬНО ОФОРМЛЯТИ ЗАДАЧІ І КОНТРОЛЬНУ РОБОТУ В ЦІЛОМУ?

Загальні вказівки попереднього розділу бажано було б проілюструвати на прикладах розв’язання типових задач. Але в фізиці навіть типів задач – багато сотень, і тому намагатись навести їх усі є проблемою. Тому спробуємо отримати максимальний навчальний ефект при невеликій кількості, але максимальній якості розв’язання та оформлення задач. Для цього весь розділ наведемо як приклад якісно оформленої, дещо умовної, контрольної роботи.

Власне з наступної сторінки починається цей приклад. Сама наступна сторінка – це титульний аркуш, з якого починається *кожна* контрольна робота у *кожного* студента. Титульну сторінку можна взяти в електронному вигляді (на сайті кафедри чи безпосередньо у викладача кафедри) та роздрукувати її при необхідності. Ми рекомендуємо *як основний спосіб* оформлення контрольної роботи з використанням аркушів А4, зібраних в єдиний файл, де титульна сторінка та кожна задача займає один аркуш. Інші варіанти – за домовленістю з викладачем.

Заповнення титульного аркуша починається з того практичного заняття (на початку семестру), на якому викладач, що проводить цей вид навчальної діяльності, видає варіанти контрольних завдань кожному студентові. При цьому студент отримує: номер контрольної роботи, номер та назву модуля (або модулів, якщо кількість контрольних робіт менша за кількість обов’язкових модулів), назву збірника завдань, номери задач його варіанту, дату видачі та кінцеву дату здачі контрольної роботи. Все це заносяться у відповідні клітинки титульного аркуша разом з назвою групи, ПІБ студента та ПІБ викладача, який буде здійснювати перевірку та захист роботи. Ну а далі студент, заготувавши на кожну задачу по окремому аркушу, розв’язує їх у будь-якому порядку, оформляє задачі та роботу в цілому і здає викладачеві (для

студентів денної форми навчання) або реєструє її на кафедрі фізики в кімнаті 471 (для студентів заочної форми навчання).

Умовність наведеної як приклад контрольної роботи полягає лише в тому, що задачі в ній не відносяться до одного модуля, а є прикладами розв'язання задач з різних модулів, і тому нумерація їх також умовна – від 1 до 12.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Кафедра фізики

Індивідуальна контрольна робота № …

_____

(номер, назва модуля (ів))

Студента _____
(прізвище, ім'я)

_____
(група)

Варіант № _____з посібника _____
_____
____

Дата видачі роботи:_____

Дата подання роботи:_____

Дата захисту роботи: _____

Номери задач:

№ п/п	№ задачі згідно варіанта	Резолюція до задачі
1		
2		
3		
4		
5		
6		

№ п/п	№ задачі згідно варіанта	Резолюція до задачі
7		
8		
9		
10		
11		
12		

_____ _____
(Оцінка роботи) (прізвище викладача та підпис)

Задача 1. Снаряд випущений під кутом α до горизонту з початковою швидкістю $\vec{\upsilon}_0$. Визначити час польоту снаряда $t_п$, дальність польоту L, швидкість снаряда в момент падіння на Землю, максимальну висоту підйому H та рівняння траєкторії польоту.

Дано:	**Розв'язання**. Виберемо систему координат таким чином, щоб початок координат співпадав з місцем випускання снаряда, вісь $0y$ напрямимо вертикально вгору, вісь $0x$ – горизонтально (рис.1), причому площину $x0y$ виберемо так, щоб вектори $\vec{\upsilon}_0$ та $\vec{g}$ лежали в цій площині.
α $\vec{\upsilon}_0$	
$t_п$, L, H, $y = f(x)$ – ?	

Початок відліку часу сумістимо з початком пострілу. Рух снаряда описується системою кінематичних рівнянь:

$$\begin{cases} x(t) = x_0 + \upsilon_{0x}t + \dfrac{a_x t^2}{2}; \quad \upsilon_x = \upsilon_{0x} + a_x t; \\ y(t) = y_0 + \upsilon_{0y}t + \dfrac{a_y t^2}{2}; \quad \upsilon_y = \upsilon_{0y} + a_y t. \end{cases}$$

При нашому виборі системи координат $x_0 = 0$, $a_x = 0$, $\upsilon_{0x} = \upsilon_0 \cos\alpha$; $y_0 = 0$, $a_y = -g$, $\upsilon_{0y} = \upsilon_0 \sin\alpha$, отже рівняння для координат та швидкостей запишуться:

$$\begin{cases} x(t) = \upsilon_0 t \cos\alpha; \quad \upsilon_x = \upsilon_0 \cos\alpha = const; \\ y(t) = \upsilon_0 t \sin\alpha - \dfrac{gt^2}{2}; \quad \upsilon_y = \upsilon_0 \sin\alpha - gt. \end{cases}$$

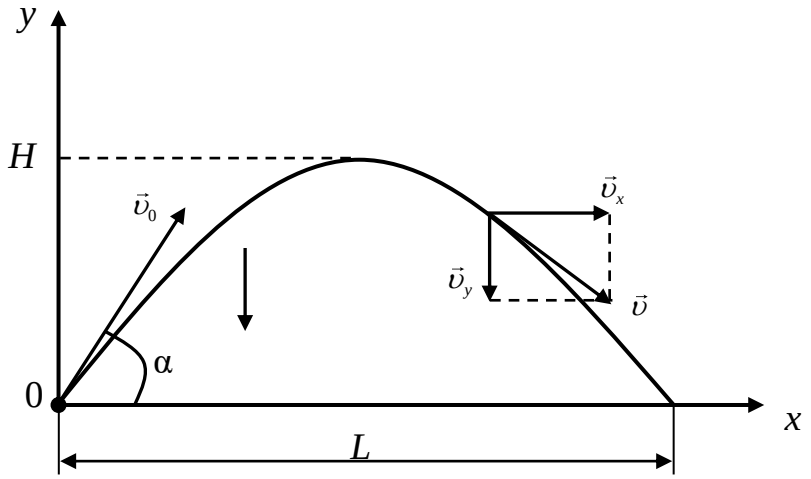


Рис. 1

У момент падіння снаряда на землю координата $y(t_п) = 0$. Звідси повний час польоту

$$t_п = \frac{2\upsilon_0 \sin\alpha}{g}.$$

За цей же час вздовж осі $0x$ снаряд $\vec{g}$ пролетить відстань L, тобто дальність польоту дорівнює $x(t_п) = L = \upsilon_0\, t_п \cos\alpha = \dfrac{\upsilon_0^2 \sin 2\alpha}{g}$.

Максимальна висота підйому снаряда визначається тим, що на цій висоті вертикальна складова швидкості υ_y перетворюється на нуль, тобто $\upsilon_y(t_в) = \upsilon_0 \sin\alpha - gt_в = 0$, де $t_в$ – час підйому снаряда. Звідси $t_в = \dfrac{\upsilon_0 \sin\alpha}{g}$.

Порівнявши цей час із часом повного руху снаряду в повітрі, легко побачити, що час руху снаряда вгору рівний часу його руху вниз. Тоді легко визначити максимальну висоту підйому снаряда H:

$$y(t_в) = H = \upsilon_0 t_в \sin\alpha - \frac{gt_в^2}{2} = \frac{\upsilon_0^2 \sin^2\alpha}{2g}.$$

На рис. 1 зображена траєкторія руху снаряду, випущеного під кутом до горизонту. Її форму, тобто рівняння траєкторії, легко отримати із рівнянь для координат. Визначивши час рівняння $x(t)$ та підставивши його у рівняння для координати $y(t)$, отримаємо

$$\begin{cases} t = \dfrac{x(t)}{\upsilon_0 \cos\alpha}; \\ y(t) = \upsilon_0 \sin\alpha \dfrac{x}{\upsilon_0 \cos\alpha} - \dfrac{gx^2}{2\upsilon_0^2 \cos^2\alpha} = Ax - Bx^2, \end{cases}$$

де $A = \mathrm{tg}\,\alpha$, $B = \dfrac{g}{2\upsilon_0^2 \cos^2\alpha}$. Це – рівняння параболи. Швидкість тіла в будь-який момент часу напрямлена по дотичній до траєкторії і легко визначається як векторна сума горизонтальної $\vec{\upsilon}_x$ та вертикальної $\vec{\upsilon}_y$ складових швидкостей. Вектор повної швидкості

$$\vec{\upsilon}(t) = \vec{\upsilon}_x(t) + \vec{\upsilon}_y(t);$$

Модуль вектора повної швидкості визначається як:

$$\upsilon = \sqrt{\upsilon_x^2(t) + \upsilon_y^2(t)} = \sqrt{\upsilon_0^2 \cos^2\alpha + (\upsilon_0 \sin\alpha - gt)^2}\ .$$

Наприкінці польоту величину повної швидкості $\vec{\upsilon}_к$ визначимо при підстановці $t = t_п$: $\upsilon = \sqrt{\upsilon_0^2 \cos^2 \alpha + (\upsilon_0 \sin \alpha - 2\upsilon_0 \sin \alpha)^2} = \upsilon_0$. Таким чином, при падінні снаряд має таку ж за величиною швидкість, що і при пострілі.

Відповідь: Час падіння снаряда $t_п = \dfrac{2\upsilon_0 \sin \alpha}{g}$, модуль швидкості у момент падіння на землю дорівнює модулю його початкової швидкості $\upsilon = \upsilon_0$., дальність польоту $L = \dfrac{\upsilon_0^2 \sin 2\alpha}{g}$, максимальна висота підйому $H = \dfrac{\upsilon_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$, рівняння траєкторії снаряду – парабола, рівняння якої має вигляд $y = Ax - Bx^2$ (де $A = \mathrm{tg}\,\alpha,\ B = \dfrac{g}{2\upsilon_0^2 \cos^2 \alpha}$).

Задача 2. Через блок у вигляді суцільного однорідного диска масою 1 кг перекинута невагома і нерозтяжна нитка, до кінців якої підвішені вантажі масами 2 та 3 кг. Знайти прискорення руху вантажів та силу натягу нитки.

Дано:
m = 1 кг
m_1 = 2 кг
m_2 = 3 кг

a, T – ?

Розв'язання. Сили, що діють на вантажі, а також вибраний напрямок координатної осі 0y показано на рис.2.

Згідно з другим законом Ньютона, запишемо рівняння руху для кожного вантажу:

$$\begin{cases} \vec{T}_1 + m_1\vec{g} = m_1\vec{a}_1; \\ \vec{T}_2 + m_2\vec{g} = m_2\vec{a}_2. \end{cases}$$

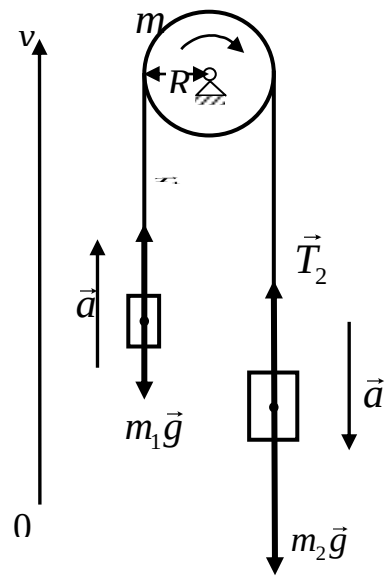


Рис. 2

Оскільки нитка невагома та нерозтяжна, то прискорення обох вантажів будуть рівні: $a_1 = a_2 = a$. Рухомий блок має масу, тому для нього застосуємо основний закон динаміки обертового руху:

$$\vec{\varepsilon} = \frac{\sum \vec{M}}{I},$$

де ε – кутове прискорення блока, $\vec{M}$ – результуючий момент сил, що діють на блок, I – момент інерції блока відносно осі обертання.

Вибравши прискорення кожного вантажу (див. рис. 2), отримаємо в проекціях на вісь 0*y*:

$$\begin{cases} T_1 - m_1 g = m_1 a; \\ T_2 - m_2 g = -m_2 a; \\ (T_2 - T_1) \cdot R = I \cdot \varepsilon. \end{cases}$$

де R – радіус блока.

Для блоку у вигляді однорідного диска, що обертається навколо осі, що проходить через центр мас, момент інерції $I = \frac{mR^2}{2}$. Кутове прискорення ε пов'язане з тангенціальним прискоренням точок на ободі диска a (що співпадає з прискоренням вантажів) співвідношенням $\varepsilon = \frac{a}{R}$.

Враховуючи це, отримаємо:

$$\begin{cases} T_1 - m_1 g = m_1 a; \\ T_2 - m_2 g = -m_2 a; \\ (T_2 - T_1) \cdot R = \frac{mR^2}{2} \cdot \frac{a}{R} = \frac{mRa}{2} \end{cases} .$$

Розв'язуючи останню систему відносно a, T_1 та T_2, отримаємо:

$$a = \frac{g(m_2 - m_1)}{m_1 + m_2 + m/2}, \quad T_1 = m_1 g \frac{2m_2 + m/2}{m_1 + m_2 + m/2}, \quad T_2 = m_2 g \frac{2m_1 + m/2}{m_1 + m_2 + m/2} .$$

Зробимо перевірку одиниць вимірювання отриманих формул:

$$a = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \times \text{кг}}{\text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2},$$

$$T = T_2 = \text{кг} \times \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \times \frac{\text{кг}}{\text{кг}} = \text{кг} \times \frac{\text{м}}{\text{с}^2}, .$$

Так як $\text{Н} = \text{кг} \times \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, то розмірність формул відповідає одиниці вимірювання сили.

Підставивши числові дані, отримаємо:

$$a = \frac{9{,}8(3-2)}{2+3+1/2} \approx 1{,}78\left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right), \quad T_1 = 2\cdot 9{,}8\frac{2\cdot 3+1/2}{2+3+1/2} \approx 23{,}2\,(\text{Н}),$$

$$T_2 = 3\cdot 9{,}8\frac{2\cdot 2+1/2}{2+3+1/2} \approx 24{,}1\,(\text{Н})\ .$$

Відповідь. Прискорення вантажів 1,78 м/с^2, а натяги нитки по різні боки від блока дорівнюють відповідно 23,3 Н і 24,1 Н.

Задача 3. Людина і візок рухаються назустріч один одному. Вага людини 64 кг, вага візка 32 кг. Швидкість людини 5,4 км/год, швидкість візка 1,8 км/год. Людина стрибає на візок і зупиняється. Визначити швидкість візка разом із людиною.

Дано:	**Розв'язання:** Згідно із закону збереження кількості руху (імпульсу) маємо:
m_1 = 64 кг m_2 = 32 кг υ_1 = 5,4 км/год υ_2 = 1,8 км/год	$$m_1\vec{\upsilon}_1 + m_2\vec{\upsilon}_2 = (m_1+m_2)\cdot\vec{\upsilon}.$$ У проекціях на горизонтальну вісь *ox*, що співпадає, наприклад, з напрямком початкового руху людини (рис. 3), маємо:
υ – ?	$$m_1\upsilon_1 - m_2\upsilon_2 = (m_1+m_2)\cdot\upsilon,$$

де m_1 – маса людини, υ_1 – її швидкість до стрибка, m_2 – маса візка, υ_2 – швидкість візка; υ – загальна швидкість візка і людини після її стрибка на візок. Із останнього рівняння маємо:

$$\upsilon = \frac{m_1\upsilon_1 - m_2\upsilon_2}{m_1+m_2}.$$

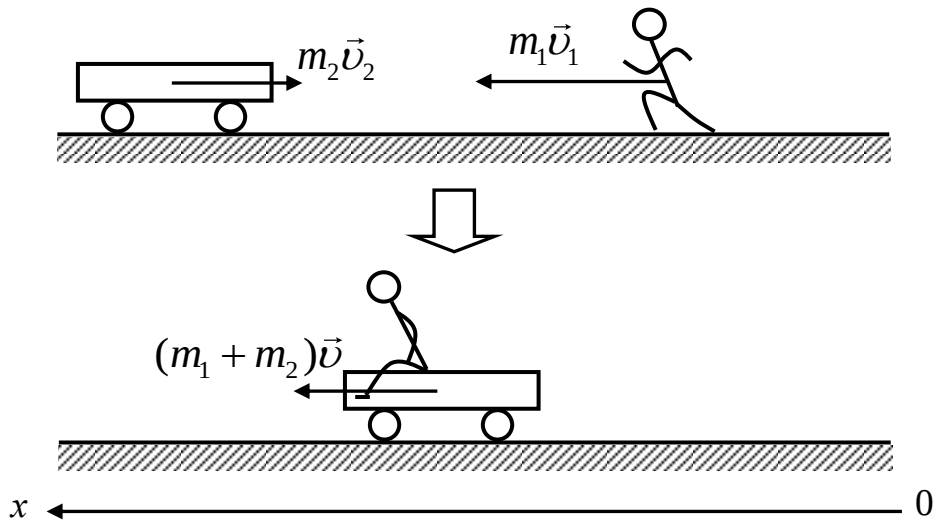


Рис. 3

Відмітимо, що внаслідок однорідності останньої формули байдуже, в яких одиницях вимірювання підставляти маси m_1 та m_2; необхідно лише, щоб ці одиниці були однаковими. Перевіримо це для останньої формули:

$$\upsilon = \frac{\text{кг}\times\text{км/год}}{\text{км/год}} = \text{км/год}\,.$$

Отже, підставляючи швидкості людини та візка: υ_1 = 5,4 км/год та υ_2 = 1,8 км/год, а також відповідно їхні маси: m_1 = 64 кг, m_1 = 32 кг, із рівняння (3), отримаємо значення швидкості візка із людиною в км/год:

$$\upsilon = \frac{64\cdot 5,4 - 32\cdot 1,8}{64+32} = 3,0 \text{ км/год.}$$

Швидкість $\upsilon > 0$. Таким чином, після стрибка швидкість візка з людиною напрямлена в той бік, куди бігла людина.

Відповідь. 3,0 км/год.

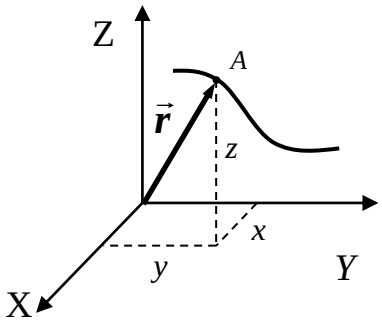
Глава 1. *Модуль 1* «МЕХАНІКА»

1.1. Короткий теоретичний довідник до модуля 1

Кінематичне рівняння поступального руху матеріальної точки визначається як:

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{\upsilon}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2},$$

де $\vec{r}$ – радіус-вектор матеріальної точки у декартовій системі координат: $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$.



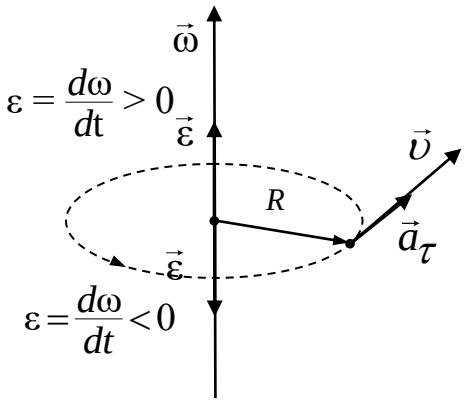
Швидкість є похідною від радіус-вектора рухомої точки за часом: $\vec{\upsilon} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ і завжди орієнтована по дотичній до траєкторії. Вектор швидкості в проекціях на координатній осі має вигляд: $\vec{\upsilon} = \upsilon_x\vec{i} + \upsilon_y\vec{j} + \upsilon_z\vec{k}$. Абсолютне значення (модуль) швидкості визначається як: $\upsilon = \sqrt{\upsilon_x^2 + \upsilon_y^2 + \upsilon_z^2}$.

Прискорення точки визначається за формулою: $\vec{a} = \frac{d\vec{\upsilon}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$.

Повне прискорення при криволінійному русі може бути розкладене на дві складові:

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n,$$

де $a_\tau = \frac{d|\vec{\upsilon}|}{dt}$ – тангенціальне прискорення; $a_n = \frac{\upsilon^2}{R}$ – нормальне (доцентрове) прискорення. Модуль повного прискорення визначається за формулою: $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$.



Кінематичне рівняння руху матеріальної точки по колу (обертального руху абсолютно твердого тіла (АТТ)): $\vec{\varphi}=\vec{\varphi}_0+\vec{\omega}_0 t+\frac{\vec{\varepsilon}t^2}{2}$, де $\varphi(t)$ – кут повороту тіла навколо осі в момент часу *t*. Вектори кутової швидкості та кутового прискорення визначаються відповідно як: $\vec{\omega}=\frac{d\vec{\varphi}}{dt}$, $\vec{\varepsilon}=\frac{d\vec{\omega}}{dt}=\frac{d^2\vec{\varphi}}{dt^2}$. Кутові та лінійні характеристиками обертання пов'язані співвідношеннями: $\vec{\upsilon}=[\vec{\omega}\cdot\vec{R}]$, $\vec{a}_\tau=[\vec{\varepsilon}\cdot\vec{R}]$, $\vec{a}_n=-\omega^2\vec{R}$.

Закон динаміки поступального руху матеріальної точки (II закон Ньютона**)** має вигляд: $\frac{d\vec{p}}{dt}=\sum\vec{F}_i$, де $\vec{p}=m\vec{\upsilon}$ – імпульс (кількість руху) матеріальної точки масою *m*, $\sum\vec{F}_i$ – векторна сума сил, що діють на матеріальну точку. Для випадків, при яких маса $m=\text{const}$, можна записати: $\vec{a}=\frac{\sum\vec{F}_i}{m}$, де $\vec{a}$ – прискорення.

Сила пружності, що виникає під час деформації тіла вздовж осі *ox*, визначається за законом Гука: $F=-kx$, де *k* – коефіцієнт пружності (у випадку з пружиною – жорсткість); *x* – абсолютна деформація. Гравітаційна сила *F*, яка діє між двома матеріальними точками, визначається законом всесвітнього тяжіння: $F=\gamma\frac{m_1m_2}{r^2}$, де $\gamma=6{,}67\cdot10^{-11}$ Н·м²/кг² – гравітаційна постійна, m_1, m_2 – маси взаємодіючих тіл, *r* – відстань між ними. Сила тертя ковзання $F=\mu N$; μ – коефіцієнт тертя; *N* – сила нормального тиску.

За законом збереження імпульсу сумарний імпульс замкненої системи, що складається з *n* матеріальних точок, залишається незмінним: $\sum_{i=1}^{n}\vec{p}_i=\text{const}$. Радіус-вектор центра мас системи матеріальних точок визначається як $\vec{r}_C=\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{n}m_i\vec{r}_i$, де *m* – сума мас усіх точок (маса системи); m_i і $\vec{r}_i$ – маса і радіус-вектор *i*-ї матеріальної точки системи.

Рух тіл змінної маси визначається рівнянням Мещерського: $m\frac{d\vec{\upsilon}}{dt}=\vec{F}+\vec{F}_p$, де $\vec{F}_p=-\vec{u}\frac{dm}{dt}$ – реактивна сила, $\vec{u}$ – швидкість витоку газів. Швидкість ракети наприкінці стадії розгону визначається

за формулою Ціолковського: $\upsilon = u \ln \frac{m_0}{m}$, де υ – кінцева швидкість ракети, m_0/m – відношення мас ракети на старті та наприкінці розгону.

Закон динаміки обертального руху АТТ: $\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}$,

де $\vec{M} = [\vec{r} \times \vec{F}]$ – момент сили відносно осі, $\vec{L} = \sum_{i=1}^{n} [\vec{r}_i \times \vec{p}_i] = I\vec{\omega}$ – момент імпульсу тіла, $I = \sum_{i=1}^{n} \Delta m_i R_i^2$ – момент інерції тіла відносно осі, Δm_i – елементарні маса, R_i – її відстань від осі обертання. У випадку $I = \text{const}$ закон динаміки обертального руху має вигляд: $\vec{\varepsilon} = \vec{M} / I$, Закон збереження моменту імпульсу: $\sum_{i=1}^{n} \vec{L}_i = \sum_{i=1}^{n} I_i \vec{\omega}_i = \text{const}$ справедливий для замкнених систем.

Момент інерції тіл різної форми: стрижня довжиною l та масою m відносно осі, що проходить через центр мас перпендикулярно до стрижня: $I = ml^2/12$; диска радіусом R відносно осі, що проходить через центр диска і перпендикулярної до його площини: $I = mR^2/2$; кулі радіусом R відносно осі, що проходить через його центр: $I = 2mR^2/5$.

Умова рівноваги твердого тіла: векторна сума всіх зовнішніх сил, що діють на тіло, а також усіх моментів цих сил, рівна нулеві:

$$\sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i = 0; \quad \sum_{i=1}^{n} \vec{M}_i = 0.$$

Зміна енергії тіла визначається роботою сили $dA = (\vec{F} \cdot d\vec{r})$, де $d\vec{r}$ – переміщення тіла. Потужність – робота, що виконується за одиницю часу: $N = dA / dt = (\vec{F} \cdot \vec{\upsilon})$.

За законом збереження механічної енергії в замкнених консервативних системах тіл повна механічна енергія зберігається з часом: $W = \sum_{i=1}^{n} W_к + \sum_{i=1}^{n} W_п = \text{const}$. Кінетична енергія поступального руху тіла: $W_{к_{пос}} = m\upsilon^2/2 = p^2/2m$. Кінетична енергія обертального

руху тіла: $W_{к_{об}} = I\omega^2/2$. Потенціальна енергія пружно деформованої пружини $W_п = kx^2/2$; k – жорсткість пружини; x – абсолютна деформація. Потенціальна енергія гравітаційної взаємодії двох матеріальних точок: $W_п = -\gamma\frac{m_1 m_2}{r}$.

Течія ідеальної рідини описується рівнянням Бернуллі: $\rho\upsilon^2/2 + \rho gh + p = \text{const}$, де ρ – густина рідини; υ – швидкість рідини в певному перерізі труби; h – висота, на якій розміщено переріз; p – статичний тиск рідини для обраного перерізу. Рівняння нерозривності течії має вигляд: $S\upsilon = \text{const}$, де S – площа перерізу в будь-якому місці труби, υ – швидкість руху рідини в цьому перерізі.

За формулою Пуазейля об'єм в'язкої рідини, що протікає трубкою: $V = \pi r^4 \Delta p \cdot t / 8l\eta$, де R – радіус трубки; Δp – різниця тисків на кінцях трубки; l – її довжина; η – коефіцієнт динамічної в'язкості, t – час. Сила в'язкого тертя, що діє на сферичне тіло в потоці рідини (газу) визначається формулою Стокса: $F_c = 6\pi\eta r\upsilon$, де R – радіус кульки; υ – її швидкість.

Лоренцове скорочення довжини тіла визначається як:

$$l = l_0\sqrt{1-\beta^2},$$

де l_0 – довжина тіла в нерухомій (лабораторній) системі відліку, $\beta = \upsilon/c$; $c = 3\cdot10^8$ м/с – швидкість світла у вакуумі. Інтервал часу між подіями, виміряний у рухомій системі відліку визначається як:

$$\tau = \tau_0 / \sqrt{1-\beta^2},$$

де τ_o –час, виміряний у нерухомій (лабораторній) системі відліку. Релятивістський закон додавання швидкостей має вигляд:

$$\upsilon = (\upsilon' + u) / (1 + \frac{\upsilon' u}{c^2}),$$

де υ та υ' – відповідно швидкість тіла відносно нерухомої та рухомої системи відліку; u – швидкість рухомої системи відліку відносно нерухомої.

Релятивістський імпульс: $p = m_0\upsilon / \sqrt{1-\beta^2}$, де m_0 – маса спокою тіла. Релятивістська маса тіла: $m = m_0 / \sqrt{1-\beta^2}$.

Повна енергія тіла в релятивістській механіці: $W = mc^2$. Енергія спокою тіла: $W_0 = m_0c^2$. Кінетична енергія тіла: $W_к = W - W_0$. Зв'язок між повною енергією W та імпульсом p в релятивістській механіці: $W^2 - p^2c^2 = m_0c^2$.

1.2. Задачі до модуля №1

1.1. Рівняння руху матеріальної точки вздовж осі ox має вигляд $x = A+Bt+Ct^3$, де A=2 м, B = 1 м/с, C = 0,5 м/с^3. Знайти координату x, швидкість υ та прискорення а точки в момент часу 2 с.

1.2. Вздовж прямої лінії рухаються дві матеріальні точки згідно з рівняннями: $x_1 = A_1+B_1t+C_1t^3$ та $x_2 = A_2+B_2t+C_2t^3$, де B_1 = 1 м/с, C_1 = 0,04 м/с^3, B_2 = 2 м/с, C_2 = 0,01 м/с^3. В який момент часу швидкості цих точок будуть однаковими? Знайти прискорення та цих точок в момент часу 3 с.

1.3. Точка рухається вздовж прямої згідно з рівнянням $x = At+Bt^3$, де A=6 м/с, B = – 0,125 м/с^3. Визначити середню швидкість точки в інтервалі часу від 2 с до 6 с.

1.4. Матеріальна точка рухається прямолінійно. Рівняння руху має вигляд $x = At+Bt^3$, де A = 3 м/с, B = 0,06 м/с^3. Знайти швидкість υ та прискорення a точки в моменти часу 0 та 3 с. Які середні значення швидкості ‹υ› та прискорення ‹a› за перші 3 с руху?

1.5. Дві матеріальні точки рухаються згідно з рівняннями: $x_1 = A_1t+B_1t^2+C_1t^3$ та $x_2 = A_2t + B_2t^2 + C_2t^3$, де A_1=4 м/с, B_1 = –5,6 м/с^2, C_1=1,6 м/с^3, A_2 = 2 м/с, B_2 = – 2 м/с^2, C_2 = 1 м/с^3. В який момент часу t прискорення обох точок будуть однаковими? Знайти відповідно швидкості υ_1 та υ_2 точок у цей момент.

1.6. Катер пройшов першу половину шляху із середньою швидкістю в 2 рази більшою, ніж другу. Середня швидкість на всьому шляху становила 4,0 км/год. Яка середня швидкість катеру на першій та другій половинах шляху?

1.7. Човен рухається під кутом 60° до берега зі швидкістю 2,0 м/с. Швидкість річки 0,5 м/с. Визначити швидкість руху човна відносно річки.

1.8. Тіло вільно падає з висоти 270 м. Поділити цю висоту на три частини h_1, h_2, h_3 так, щоб на проходження кожної із них затрачався один і той же час.

1.9. Рух точки заданий рівнянням $x = 12t - 2t^2$ (x виражено в метрах, t в секундах). Визначити середню швидкість руху точки в інтервалі часу від 1,0 с до 4,0 с.

1.10. Прямолінійний рух описується рівнянням $x = 1+3t - 2t^2$ (x виражено в метрах, t в секундах). Де знаходилась точка в початковий момент часу? Як змінюється її швидкість із часом? Коли точка опиниться на початку системи координат?

1.11. З даху падають краплі води. Проміжок часу між відривами крапель 0,1 с. На якій відстані одна від одної через час 1,0 с після початку падіння першої краплі будуть знаходитися наступні три?

1.12. Автомобіль, рухаючись рівноприскорено, через час 10 с після початку руху досягнув швидкості 36 км/год. Визначити прискорення, з яким рухався автомобіль. Який шлях він при цьому пройшов? Який шлях автомобіль пройшов за останню секунду?

1.13. Перший автомобіль рухається рівномірно зі швидкістю 57,6 км/год. У момент проходження ним пункту A із цього пункту починає рухатися другий автомобіль у тому ж напрямку з постійним прискоренням 2,0 м/с^2. Через який час другий автомобіль наздожене перший? На якій відстані від пункту A це відбудеться? Яка буде швидкість другого автомобіля в цей момент?

1.14. Мотоцикліст за перші 2 год проїхав шлях 90 км, а наступні 3 год рухався зі швидкістю 50 км/год. Яка середня швидкість на всьому шляху?

1.15. Першу чверть шляху потяг пройшов зі швидкістю 60 км/год. Середня швидкість на всьому шляху дорівнювала 40 км/год. З якою швидкістю потяг пройшов решту шляху?

1.16. Автомобіль проходить першу половину шляху з середньою швидкістю 70 км/год, а іншу – з середньою швидкістю 30 км/год. Визначити середню швидкість на всьому шляху.

1.17. Швидкість автомобіля за 20 с зменшилася від 20 м/с до 10 м/с. З яким середнім прискоренням рухався автомобіль?

1.18. Тіло, рухаючись рівноприскорено зі стану спокою, проходить за четверту секунду від початку руху шлях 7,0 м. Який шлях пройде тіло за 10 с? Яку швидкість воно набуде на цей момент часу?

1.19. Літак для зльоту має набути швидкість 250 км/год. Скільки часу триває розгін, якщо ця швидкість досягається в кінці злітної смуги довжиною 1 км? Яке прискорення літака? Яка середня швидкість літака на цій ділянці? Рух літака вважати рівноприскореним.

1.20. При якій швидкості літаки можуть приземлитися на смузі аеродрому довжиною 800 м при гальмуванні з прискоренням 2,7 м/с^2?

1.21. Тіло, що вільно падає зі стану спокою, у кінці першої половини шляху досягає швидкості 20 м/с. Яка швидкість тіла у момент падіння? Який час воно падає і з якої висоти?

1.22. Автомобіль проходить першу третину шляху зі швидкістю v_1, а частину шляху, що залишилась – зі швидкістю 50 км/год. Визначити середню швидкість на першому відрізку шляху, якщо середня швидкість на всьому шляху 37,5 км/год.

1.23. У круту прірву упав камінь. Людина, яка стоїть у тому місці, звідки впав камінь, почула звук його падіння через 6,0 с. Знайти висоту прірви. Швидкість звуку у повітрі 340 м/с.

1.24. З гелікоптера викинули без початкової швидкості два вантажі, причому другий на 1,0 с пізніше першого. Визначити відстань між вантажами через 2,0 с та 40 с після початку руху першого вантажу. Опором повітря знехтувати.

1.25. Тіло падало з деякої висоти і останні 196 м пройшло за час 4,0 с. Який час і з якої висоти воно падає?

1.26. З яким прискоренням рухається тіло, якщо за восьму секунду після початку руху воно пройшло шлях 30 м? Знайти шлях за п’ятнадцяту секунду падіння.

1.27. Тіло рухається зі швидкістю 10 м/с і прискоренням –2,0 м/с^2. Визначити, який шлях тіло пройде за 6,0 с та 8,0 с.

1.28. У початковий момент часу потяг мав швидкість 10 м/с, а в момент часу 5,0 с – швидкість 18 км/год. Визначити прискорення поїзду та його середню швидкість.

1.29. Першу половину часу свого руху автомобіль мав швидкість 80 км/год, а другу половину – 40 км/год. Яка середня швидкість руху автомобіля?

1.30. Пароплав рухається по річці від пункту *A* до пункту *B* зі швидкістю 16 км/год, а в зворотному напрямку – 10 км/год. Знайти середні швидкості пароплава і течії річки.

1.31. Швидкість течії річки 1 м/с, швидкість човна відносно води 2 м/с. Знайти швидкість човна відносно берега в трьох випадках: він пливе за течією, проти течії та під кутом 90° до течії.

1.32. Літак летить відносно повітря зі швидкістю 800 км/год. Із заходу на схід дме вітер зі швидкістю 15 м/с. З якою швидкістю літак буде рухатися відносно землі і під яким кутом до меридіану треба тримати курс, щоб він рухався на південь, північ, захід і схід?

1.33. Літак летить з пункту *A* до пункту *B*, розташованому на відстані 300 км на схід. Визначити тривалість польоту за відсутності вітру; якщо вітер дме з півдня на північ та із заходу на схід. Швидкість вітру 20 м/с. Швидкість літака відносно повітря 600 км/год.

1.34. Човен рухається перпендикулярно до берега зі швидкістю 7,2 км/год. Течія відносить його на 150 м вниз по річці. Знайти швидкість течії річки та час, необхідний човну, щоб досягнути протилежного берега річки. Ширина річки 0,5 км.

1.35. Вертикально кинуте вгору тіло повернулось на землю через 3 с. Якою була початкова швидкість? На яку висоту піднялось тіло? Опір повітря не враховувати.

1.36. Камінь підкинули вгору на висоту 10 м. Через який час він упаде на землю? На яку висоту підніметься камінь, якщо початкову швидкість каменя збільшити удвічі? Опір повітря не враховувати.

1.37. З аеростата, що знаходиться на висоті 300 м, упав камінь. Через який час камінь досягне землі, якщо: аеростат піднімався зі швидкістю 5 м/с; аеростат опускався зі швидкістю 5 м/с.

1.38. Накреслити графік залежності висоти h та швидкості υ від часу t для тіла, кинутого вертикально вгору з початковою швидкістю 9,8 м/с. Побудувати графік для інтервалу часу від 0 до 2 с, тобто $0 \le t \le 2$ с через кожні $\Delta t = 0{,}2$ с. Опором повітря знехтувати.

1.39. Тіло падає вертикально вниз з висоти 19,6 м зі стану спокою. Який шлях пройде тіло за час 0,1 с на початку і в кінці свого руху. Опором повітря знехтувати.

1.40. Тіло падає вертикально вниз з висоти 19,6 м зі стану спокою. За який час тіло пройде перший та останній метр свого шляху. Опором повітря знехтувати.

1.41. Тіло, що вільно падає, в останню секунду свого падіння проходить половину всього шляху. Визначити, з якої висоти падає тіло та тривалість його падіння.

1.42. Тіло A кинуто вертикально вверх з початковою швидкістю υ_1, тіло B падає вниз з висоти h з початковою швидкістю υ_2. Знайти залежність відстані між тілами A і B від часу, якщо відомо, що тіла почали рухатись одночасно.

1.43. Відстань між двома станціями метрополітену 1,5 км. Першу половину цієї відстані потяг проходить рівноприскорено, другу – рівносповільнено з тим самим прискоренням. Максимальна швидкість потяга 50 км/год. Знайти прискорення та час руху потяга між станціями.

1.44. Потяг рухається зі швидкістю 36 км/год. Якщо вимкнути тягу, потяг, рухаючись рівносповільнено, зупиниться через 20 с. Знайти прискорення гальмування потяга та визначити, на якій відстані до зупинки треба вимкнути тягу.

1.45. Швидкість потяга, що рухається рівносповільнено, при гальмуванні зменшується протягом 1 хв від 40 км/год до 28 км/год. Знайти прискорення гальмування потяга та відстань, що проходить потяг за час гальмування.

1.46. Вагон рухається рівносповільнено з прискоренням 0,5 м/с^2; його початкова швидкість 54 км/год. Через який час і на якій відстані від початку руху вагон зупиниться?

1.47. Тіло A, яке має початкову швидкість υ'_0, рухається з постійним прискоренням a_1. Одночасно з тілом A починає рухатись тіло B з початковою швидкістю υ''_0 та з постійним від'ємним прискоренням a_2. Через який час після початку руху обидва тіла будуть мати однакову за величиною швидкість?

1.48. Тіло A починає рухатись з початковою швидкістю 2 м/с та з постійним прискоренням. Через 10 с після початку руху тіла A з цієї ж точки починає рухатись тіло B з початковою швидкістю 12 м/с і з тим же прискоренням. Визначити найменше прискорення, при якому тіло B зможе наздогнати тіло A.

1.49. Залежність пройденого тілом шляху S від часу t описується рівнянням $S = At - Bt^2 + Ct^3$, де A= 2 м/с, B = 3 м/с^2 та C = 4 м/с^3. Знайти залежність швидкості та прискорення від часу; відстань, пройдену тілом; швидкість та прискорення тіла через 2 с після початку руху. Побудувати графіки шляху, швидкості та прискорення для $0 \le t \le 3$ с через 0,5 с.

1.50. Залежність пройденого тілом шляху від часу задається рівнянням $S = A - Bt + Ct^2$, де A = 6 м, B = 3 м/с та C = 2 м/с^2. Знайти

середні швидкості та прискорення тіла в інтервалі 1...4 с. Побудувати графіки шляху, швидкості та прискорення для $0 \leq t \leq 5$ через 1 с.

1.51. Залежність пройденого шляху від часу описується рівнянням $S = A+Bt+Ct^2+Dt^3$, де $C = 0{,}14$ м/с^2 та $D = 0{,}01$ м/с^3. Через який час після початку руху прискорення тіла буде рівне 1 м/с^2. Чому дорівнює середнє прискорення тіла за цей проміжок часу?

1.52. У скільки разів нормальне прискорення точки, що лежить на ободі колеса, більше її тангенціального прискорення для моменту, коли вектор повного прискорення цієї точки складає кут 30° з вектором її лінійної швидкості?

1.53. Тіло обертається навколо нерухомої осі за законом $\varphi = A+Bt+Ct^2$, де $A = 10$ рад, $B = 20$ рад/с; $C = -2$ рад/с^2. Знайти повне прискорення точки, що знаходиться на відстані 0,1 м від осі обертання для моменту часу 4 с.

1.54. Точка обертається по колу з радіусом 1,2 м. Рівняння руху точки $\varphi = At + Bt^3$, де $A = 0{,}5$ рад/с; $B = 0{,}2$ рад/с^3. Визначити тангенціальне a_τ, нормальне a_n та повне a прискорення точки в момент часу 4 с.

1.55. Визначити повне прискорення в момент 3 с точки, що знаходиться на ободі колеса радіусом 0,5 м, що обертається за законом $\varphi = At+Bt^3$, де $A = 2$ рад/с, $B = 0{,}2$ рад/с^2.

1.56. Точка обертається по колу радіусом 8 м. У деякий момент часу нормальне прискорення точки 4 м/с^2, вектор повного прискорення утворює у цей момент з вектором нормального прискорення кут 60°. Знайти швидкість та тангенціальне прискорення точки.

1.57. Диск радіусом 0,2 м обертається за законом $\varphi = A+Bt+Ct^2$, де $A = 3$ рад, $B = -1$ рад/с; $C = 0{,}1$ рад/с^2. Визначити тангенціальне, нормальне та повне прискорення точок на ободі диска для моменту часу 10 с.

1.58. Точка рухається по колу радіусом 4 м. Закон її руху визначається рівнянням $x = A + Bt^2$, де $A = 8$ м, $B = -2$ м/с^2. Знайти момент часу, коли нормальне прискорення точки 9 м/с^2, швидкість, тангенціальне та повне прискорення точки в цей момент часу.

1.59. Тіло кинуто зі швидкістю 100 м/с під кутом 60° до горизонту. Знайти значення та напрямок швидкості тіла через 5 с після початку руху. Опором повітря знехтувати.

1.60. Ракета рухається рівносповільнено по дузі кола радіусом 10 км та проходить шлях 16 км, маючи швидкість в початковій точці 900 м/с та в кінцевій 100 м/с. Визначити прискорення ракети на початку та у кінці шляху.

1.61. Колесо радіусом 10 см обертається так, що залежність лінійної швидкості точок на ободі колеса, від часу має вигляд: $\upsilon = At+Bt^2$, де A = 3 см/с^2, B = 1 см/с^3. Знайти кут між вектором повного прискорення та радіусом колеса в момент часу 2 с.

1.62. Визначити обумовлену обертанням Землі навколо своєї осі швидкість та доцентрове прискорення точок поверхні Землі на широті Києва (50°). Радіус Землі вважати 6370 км.

1.63. Тіло рухається рівносповільнено по закругленій частині шляху з радіусом кривизни 100 м за законом $S = A+Bt+Ct^2$, де A =50 м; B = 26 м/с; C = –1,5 м/с^2. Знайти швидкість тіла, його тангенціальне, нормальне та повне прискорення через 2 с після початку руху.

1.64. В який момент часу у тіла, кинутого горизонтально з початковою швидкістю 19,6 м/с, тангенціальне прискорення дорівнюватиме нормальному?

1.65. Визначити швидкість тіла через 3,0 с після того, як його кинули горизонтально зі швидкістю 10 м/с.

1.66. Тіло кинуто під кутом 60° до горизонту з початковою швидкістю 10 м/с. Визначити момент часу, коли швидкість напрямлена під кутом 45° до горизонту.

1.67. Камінь кинули зі швидкістю 12 м/с під кутом 60° до горизонту. Визначити радіус кривизни його траєкторії у верхній точці та в момент падіння на землю.

1.68. З обриву у горизонтальному напрямку кидають камінь зі швидкістю 20 м/с. Визначити точку траєкторії, радіус кривизни якої у сім разів більший радіуса кривизни у верхній точці.

1.69. З гелікоптера, що летить на висоті 125 м зі швидкістю 800 км/год скинули вантаж. На якій висоті його швидкість буде напрямлена під кутом 45° до горизонту? Опором повітря знехтувати.

1.70. З вежі висотою 25 м горизонтально кинули камінь зі швидкістю 15 м/с. Знайти час руху каменя та на якій відстані від основи вежі він впаде на землю; з якою швидкістю він впаде на землю; який кут утворює траєкторія каменя до горизонту в точці його падіння на землю? Опором повітря знехтувати.

1.71. Кинутий горизонтально камінь впав на землю через 0,5 с на відстані 5 м по горизонталі від місця кидання. З якої висоти був кинутий камінь? Яку початкову швидкість він мав? З якою швидкістю він упав на землю? Який кут утворює траєкторія каменя до горизонту в точці його падіння на землю? Опором повітря знехтувати.

1.72. Кинутий горизонтально м'яч вдаряється об стіну, що знаходиться на відстані 5 м від місця кидання. Висота місця зіткнення м'яча зі стінкою на 1 м менше висоти, з якої кинуто м'яч. З якої швидкістю кинуто м'яч? Під яким кутом м'яч підлітає до поверхні стінки? Опором повітря знехтувати.

1.73. Камінь кинуто у горизонтальному напрямку. Через 0,5 с після початку руху швидкість каменя стала в 1,5 рази більше його початкової швидкості. Знайти початкову швидкість каменя. Опором повітря знехтувати.

1.74. Камінь кинуто горизонтально зі швидкістю 10 м/с. Знайти радіус кривизни траєкторії каменя через 3 с після початку руху. Опором повітря знехтувати.

1.75. М'яч кинули зі швидкістю 10 м/с під кутом 40° до горизонту. Знайти: на яку висоту підніметься м'яч, на якій відстані від місця кидання м'яч упаде на землю, скільки часу він буде у русі. Опором повітря знехтувати.

1.76. На спортивних змаганнях у Києві спортсмен штовхнув ядро на відстань 16 м 20 см. На яку відстань полетить таке ж ядро у Ташкенті при таких же умовах (при такій же початковій швидкості, напрямленій під таким же кутом до горизонту)? Прискорення сили тяжіння у Києві 981,2 см/с^2, в Ташкенті 980,3 см/с^2.

1.77. Тіло кинуто зі швидкістю 10 м/с під кутом до горизонту. Тривалість польоту 2,2 с. Знайти найбільшу висоту підняття цього тіла. Опором повітря знехтувати.

1.78. Кинутий зі швидкістю 12 м/с під кутом 45° до горизонту камінь упав на землю на відстані S від місця кидання. З якої висоти треба кинути камінь у горизонтальному напрямку, щоб при тій же початковій швидкості він упав на теж саме місце?

1.79. Тіло кинуто зі швидкістю 14,7 м/с під кутом 30° до горизонту. Знайти нормальне та тангенціальне прискорення тіла через 1,25 с після початку руху. Опором повітря знехтувати.

1.80. Тіло кинуто зі швидкістю 10 м/с під кутом 45° до горизонту. Знайти радіус кривизни траєкторії тіла через 1 с після початку руху. Опором повітря знехтувати.

1.81. Тіло кинуто під кутом до горизонту. Знайти величину початкової швидкості та кута, якщо відомо, що найбільша висота підйому тіла 3 м та радіус кривизни траєкторії тіла у верхній точці траєкторії 3 м. Опором повітря знехтувати.

1.82. З вежі висотою 25 м кинули камінь зі швидкістю 15 м/с під кутом 30° до горизонту. Визначити: скільки часу камінь буде у русі; на якій відстані від основи вежі він впаде на землю; з якою швидкістю він впаде на землю; який кут утворить траєкторія каменя з горизонтом у точці його падіння на землю. Опором повітря знехтувати.

1.83. Хлопчик кидає м'яч зі швидкістю 10 м/с під кутом 45° до горизонту. М'яч ударяється об стіну, яка знаходиться на відстані 3 м від хлопчика. Визначити, коли м'яч ударяється об стіну (при підйомі м'яча чи при його опусканні), на якій висоті це трапиться (відраховуючи від висоти, з якої кинуто м'яч) та швидкість м'яча у момент удару. Опором повітря знехтувати.

1.84. Знайти кутову швидкість добового обертання Землі, годинникової та хвилинної стрілки на годиннику, штучного супутника Землі, який обертається по коловій орбіті з періодом обертання 88 хв, лінійну швидкість руху цього штучного супутника, якщо відомо, що його орбіта розміщена на відстані 200 км від поверхні Землі.

1.85. З якою швидкістю має рухатись літак на екваторі зі сходу на захід, щоб пасажирам цього літака Сонце здавалось нерухомим на небі?

1.86. Два диски розташовані на осі на відстані 0,5 м один від одного, обертаються з частотою 1600 об/хв. Куля, яка летить вздовж осі, пробиває обидва диски, при цьому отвір від кулі у другому диску зміщений відносно отвору у першому диску на кут 12°. Знайти швидкість кулі.

1.87. Знайти радіус колеса, що обертається, якщо відомо, що лінійна швидкість точки, що лежить на ободі, у 2,5 рази більша за лінійну швидкість точки, що лежить на 5 см ближче до осі.

1.88. Колесо, обертаючись рівноприскорено, досягло кутової швидкості 20 рад/с через 10 обертів після початку обертання. Знайти кутове прискорення колеса.

1.89. Колесо, обертаючись рівносповільнено, при гальмуванні зменшило свою частоту за 1 хв з 300 об/хв до 180 об/хв. Знайти кутове прискорення колеса та число обертів, яке зробило колесо за цей час.

1.90. Вентилятор обертається з частотою 900 об/хв. Після виключення вентилятор, обертаючись рівносповільнено, зробив до зупинки 75 обертів. Скільки часу пройшло з моменту виключення вентилятора до повної його зупинки?

1.91. Вал обертається з частотою 180 об/хв. З деякого моменту часу вал гальмується та обертається рівносповільнено з кутовим прискоренням 3 рад/с^2. Через який час вал зупиниться? Скільки обертів він зробить до зупинки?

1.92. Точка рухається по колу радіусом 20 см з постійним тангенціальним прискоренням 5 см/с^2. Через який час після початку руху нормальне прискорення точки буде рівне тангенціальному? Буде вдвічі його більше?

1.93. Точка рухається по колу радіусом 10 см з постійним тангенціальним прискоренням. Знайти тангенціальне прискорення точки, якщо відомо, що до кінця п’ятого оберту після початку руху швидкість точки стала дорівнювала 50 см/с.

1.94. Визначити швидкість та повне прискорення точки в момент часу 2 с, якщо вона рухається по колу радіусом 1 м за законом $\varphi = At+Bt^3$, де A = 8 м/с, B = 0,1 м/с^3, φ – кут повороту радіуса-вектора.

1.95. Точка рухається по колу радіусом 10 см з постійним тангенціальним прискоренням. Знайти нормальне прискорення точки через 20 с після початку руху, якщо відомо, що на кінець п’ятого оберту лінійна швидкість точки 10 м/с.

1.96. У першому наближенні можна вважати, що електрон в атомі водню рухається по коловій орбіті з постійною швидкістю. Знайти кутову швидкість електрона навколо ядра та його нормальне прискорення. Радіус орбіти прийняти рівним $0{,}5\cdot10^{-10}$ м, швидкість електрона на цій орбіті $2{,}2\cdot10^6$ м/с.

1.97. Колесо радіусом 10 см обертається з постійним кутовим прискоренням 3,14 рад/с^2. Для точок на ободі колеса на кінець першої секунди після початку руху знайти кутову швидкість, лінійну швидкість, тангенціальне прискорення, нормальне прискорення, повне прискорення та кут, що складає напрямок повного прискорення з радіусом колеса.

1.98. Точка рухається по колу так, що залежність шляху від часу $S = A+Bt+Ct^2$, де $B = -2$ м/с та $C = 1$ м/с^2. Знайти лінійну швидкість точки, її тангенціальне, нормальне та повне прискорення через 3 с після початку руху, якщо відомо, що нормальне прискорення точки в момент часу 2 с дорівнює 0,5 м/с^2.

1.99. Знайти кутове прискорення колеса, якщо відомо, що через 2 с після початку рівноприскореного руху вектор повного прискорення точки на ободі становить 60° з напрямком її лінійної швидкості.

1.100. Колесо обертається з постійним кутовим прискоренням 2 рад/с^2. Через 0,5 с після початку руху повне прискорення колеса дорівнювало 13,6 см/с^2. Знайти радіус колеса.

1.101. Колесо радіусом 0,1 м обертається так, що залежність кута повороту радіуса колеса від часу $\varphi = A+ Bt+Ct^3$, де $B = 2$ рад/с і $C = 1$ рад/с^3. Для точок, що лежать на ободі колеса, через 2 с після початку руху знайти такі величини: кутову та лінійну швидкості, кутове, тангенціальне та нормальне прискорення.

1.102. Колесо радіусом 5 см обертається так, що залежність кута повороту радіуса від часу визначається $\varphi = A + Bt + Ct^3$ де $C = 1$ рад/с^3. Для точок, що лежать на ободі колеса, знайти зміну тангенціального прискорення за кожну секунду руху.

1.103. Колесо радіусом 10 см обертається так, що залежність лінійної швидкості точок, що лежать на ободі колеса, від часу визначається $\upsilon = At + Bt^2$, де $A = 3$ см/с^2 та $B = 1$ см/с^3. Знайти кут між вектором повного прискорення і радіусом колеса в моменти часу 2 с після початку руху.

1.104. Колесо обертається так, що залежність кута повороту радіуса колеса від часу визначається $\varphi = Bt + Ct^2 + Dt^3$, де $B = 1$ рад/с; $C = 1$ рад/с^2 та $D = 1$ рад/с^3. Знайти радіус колеса, якщо відомо, що до кінця другої секунди руху нормальне прискорення точок, що лежать на ободі колеса, дорівнює $3{,}46\cdot10^2$ м/с^2.

1.105.Чому дорівнює вага космонавта при зльоті ракети вертикально вгору з прискоренням 5g? Маса космонавта 80 кг.

1.106. На нитці, що витримує натяг 10 Н, піднімають вантаж масою 0,5 кг зі стану спокою вертикально вгору. Вважаючи рух рівноприскореним та силу опору 1 Н, знайти найбільшу висоту, на яку можна підняти вантаж за 1 с так, щоб нитка не обірвалась.

1.107. Із трубки з діаметром внутрішнього каналу 2 см зі швидкістю 5 м/с витікає струмінь води та вдаряється під кутом 45° об поверхню горизонтальної пластини. Потім струмінь тече по пластині зі швидкістю 0,5 м/с. З якою силою струмінь води діє на пластину? Який кут з поверхнею пластини утворить ця сила?

1.108. У ліфті, що рухається прискорено, на пружинних терезах висить вантаж масою 0,1 кг. При цьому показник терезів становить 1,1 Н. Знайти прискорення ліфта.

1.109. Тіло масою 0,5 кг рухається прямолінійно, причому залежність пройденого тілом шляху від часу визначається $S = A - Bt + Ct^2 - Dt^3$, де $C = 5$ м/с^2 і $D = 1$ м/с^3. Знайти силу, що діє на тіло наприкінці першої секунди руху.

1.110. До нитки підвішений вантаж масою 1 кг. Знайти натяг нитки, якщо нитку з вантажем піднімати з прискоренням 5 м/с^2; опускати з прискоренням 5 м/с^2.

1.111. Сталевий дріт деякого діаметра витримує вантаж до 4400 Н. З яким найбільшим прискоренням можна піднімати вантаж 3900 Н, підвішений на цьому дроті, щоб він при цьому не розірвався?

1.112. Маса ліфта з пасажирами 800 кг. Знайти, з яким прискоренням і в якому напрямку рухається ліфт, якщо відомо, що натяг троса, що утримує ліфт, у першому випадку 12000 Н, у другому – 6000 Н.

1.113. До нитки підвішена гиря. Якщо піднімати її з прискоренням 2 м/с^2, то натяг нитки буде вдвічі меншим за натяг, при якому нитка розірветься. З яким максимальним прискоренням треба піднімати цю гирю, щоб нитка не розірвалась?

1.114. Автомобіль вагою 10^4 Н зупиняється при гальмуванні за 5 с, пройшовши при цьому рівносповільнено відстань 25 м. Знайти початкову швидкість руху автомобіля і силу гальмування.

1.115. Потяг масою $5 \cdot 10^5$ кг, рухаючись рівносповільнено, зменшив свою швидкість протягом 1 хв від 40 км/год до 28 км/год. Знайти силу гальмування.

1.116. Вагон вагою 10^6 Н рухається з початковою швидкістю 54 км/год. Визначити середню силу, що діє на вагон, якщо відомо, що він зупиняється протягом 1 хв; 40 с; 10 с; 1 с.

1.117. Яку силу необхідно прикласти до вагона, що стоїть на рейках, щоб вагон почав рухатись рівноприкорено і за час 30 с пройшов шлях 11 м? Маса вагона 16 т. Під час руху на вагон діє сила тертя, що дорівнює 0,05 ваги вагона.

1.118. Потяг вагою якого $4{,}9\cdot10^6$ Н, після припинення дії тяги паровоза під дією сили тертя $9{,}8\cdot10^4$ Н зупиняється через 1 хв. З якою швидкістю рухався потяг?

1.119. Вагон масою 10^5 кг рухається рівносповільнено з прискоренням 0,3 м/с^2. Початкова швидкість вагона 54 км/год. Яка сила гальмування діє на вагон? Через який час вагон зупиниться? Яку відстань вагон пройде до зупинки?

1.120. Тіло масою 0,5 кг рухається прямолінійно, причому залежність пройденого тілом шляху від часу має вигляд: $S = A - Bt + Ct^2 + Dt^3$, де $C = 5$ м/с^2 і $D = 1$ м/с^3. Знайти силу, що діє на тіло наприкінці першої секунди руху.

1.121. Під дією постійної сили 10 Н тіло рухається прямолінійно так, що залежність пройденої відстані від часу має вигляд: $S = A - Bt + Ct^3$. Знайти масу тіла, якщо $C = 1$ м/с^3 .

1.122. Тіло масою 0,5 кг рухається так, що залежність пройденого шляху від часу руху має вигляд: $S = A\sin(\omega t)$, де $A = 5$ см і $\omega = \pi$ рад/с. Знайти силу, що діє на тіло через 1/6 с після початку руху.

1.123. Молекула масою $4{,}65\cdot10^{-26}$ кг, що летить нормально до стінки посудини зі швидкістю 600 м/с, ударяється об стіну і пружно відбивається від неї. Знайти імпульс сили, отриманий стінкою за час удару.

1.124. Кулька масою 0,1 кг, падаючи вертикально вниз з деякої висоти, стикається з похилою площиною і пружно відскакує від неї. Кут нахилу площини до горизонту 30°. Імпульс сили, отриманий площиною під час удару 1,73 Н·с. Скільки часу пройде від моменту удару кульки об площину до моменту, коли вона буде перебувати в найвищій точці траєкторії?

1.125. Струмінь води перерізом 6 см^2 вдаряється об стіну під кутом 60° до нормалі й пружно відскакує від неї без втрати швидкості. Знайти силу, що діє на стінку, якщо відомо, що швидкість течії води в струмені 12 м/с.

1.126. Трамвай рушає з місця з постійним прискоренням 0,8 м/с^2. Через 12 с після початку руху двигун трамвая вимикається й трамвай рухається до зупинки рівносповільнено. На всьому шляху руху трамвая коефіцієнт тертя 0,01. Знайти найбільшу швидкість руху трамвая, загальну тривалість руху, прискорення гальмування трамвая, загальну відстань, пройдену трамваєм.

1.127. Вага автомобіля $9{,}8\cdot10^3$ Н. Під час руху на автомобіль діє сила тертя, що дорівнює 0,1 його ваги. Чому має дорівнювати сила тяги двигуна автомобіля, щоб автомобіль рухався: а) рівномірно; б) з прискоренням 2 м/с^2 ?

1.128. Який кут з горизонтом становить поверхня бензину в баці автомобіля, що рухається горизонтально з постійним прискоренням 2 м/с^2?

1.129. До стелі трамвайного вагона на нитці підвішена куля. Вагон гальмується і його швидкість рівномірно змінюється за 3 с від 18 км/год до 6 км/год. На який кут відхилиться при цьому нитка з кулею?

1.130. Залізничний вагон гальмується і його швидкість рівномірно змінюється за 3,3 с від 47,5 км/год до 30 км/год. При якому граничному значенні коефіцієнта тертя між валізою й полицею валіза при гальмуванні починає ковзати по полиці?

1.131. Канат лежить на столі так, що частина його звисає зі стола і починає ковзати тоді, коли довжина частини, що звисає, становить 15% всієї його довжини. Чому дорівнює коефіцієнт тертя каната по столу?

1.132. Автомобіль має масу 1 т. Під час руху на автомобіль діє сила тертя, що дорівнює 0,1 його ваги. Знайти силу тяги двигуна автомобіля при русі його з постійною швидкістю в гору та з гори. Гора має нахил в 1 м на кожні 25 м шляху.

1.133. Кинутий по поверхні льоду зі швидкістю 2,44 м/с камінь масою 1,05 кг під дією сили тертя зупиняється через 10 с. Знайти силу тертя, вважаючи її постійною.

1.134. Знайти силу тяги двигуна автомобіля, що рухається в гору з прискоренням 1 м/с^2. Нахил гори 1 м на кожні 25 м шляху. Вага автомобіля $9{,}8\cdot10^3$ Н. Коефіцієнт тертя 0,1.

1.135. Тіло лежить на похилій площині, що складає з горизонтом кут 4°. При якому граничному значенні коефіцієнта тертя тіло починає ковзати вниз по похилій площині? З яким прискоренням воно буде ковзати по площині, якщо коефіцієнт тертя 0,03? Скільки часу буде потрібно для проходження при цих умовах 100 м шляху? Яку швидкість тіло матиме наприкінці цих 100 м?

1.136. Тіло ковзає вниз по похилій площині, що складає з горизонтом кут 45°. Пройшовши відстань 36,4 см, тіло набуває швидкості 2 м/с. Чому дорівнює коефіцієнт тертя тіла об площину?

1.137. Тіло ковзає вниз по похилій площині, що складає з горизонтом кут 45°. Залежність пройденого тілом шляху від часу має вигляд: $S = Ct^2$, де $C = 1{,}73$ м/с^2. Знайти коефіцієнт тертя тіла об площину.

1.138. Невагомий блок укріплений на кінці стола (рис. 1.1). Вантажі *A* і *B* рівної маси в 1 кг з'єднані ниткою, перекинутою через блок. Коефіцієнт тертя вантажу *B* об стіл 0,1. Знайти прискорення, з яким рухаються вантажі та натяг нитки. Тертям у блоці знехтувати.

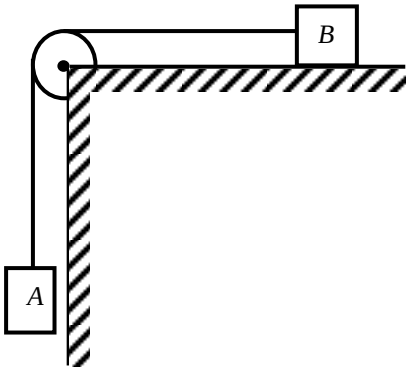


Рис.1.1

1.139. Невагомий блок закріплений на вершині похилої площини (рис. 1.2), що складає з горизонтом кут 30°. Вантажі рівної маси в 1 кг з'єднані ниткою, перекинутою через блок. Знайти прискорення, з яким рухаються вантажі та натяг нитки. Тертям у блоці, а також тертям гирі *B* по похилій площині знехтувати.

1.140. Розв'язати попередню задачу за умови, що коефіцієнт тертя гирі *B* об площину дорівнює 0,1. Тертям у блоці знехтувати.

1.141. Невагомий блок закріплений на вершині двох похилих площин, що становлять з горизонтом кути 30° і 45° (рис. 1.3). Гирі *A* і *B* рівної маси в 1 кг з'єднані ниткою й перекинуті через блок. Знайти прискорення, з яким рухаються гирі і натяг нитки. Тертям гир *A* і *B* об площини, а також тертям у блоці знехтувати.

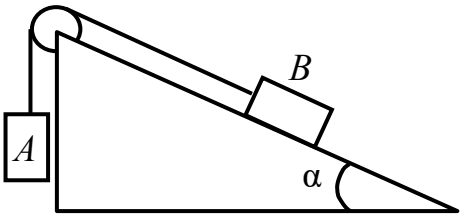


Рис. 1.2

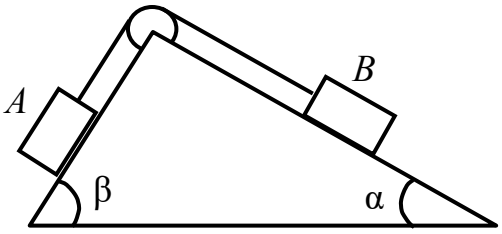


Рис. 1.3

1.142. Розв'язати попередню задачу за умови, що коефіцієнти тертя гир *A* і *B* об площини 0,1. Тертям у блоці знехтувати.

1.143. На яку долю зменшиться вага тіла на екваторі внаслідок обертання Землі навколо осі?

1.144. Якої тривалості була б доба на Землі, якби тіла на екваторі стали невагомими?

1.145. Трамвайний вагон масою $5 \cdot 10^3$ кг їде по закругленню радіусом 128 м. Знайти силу бічного тиску коліс на рейки при швидкості руху 9 км/год.

1.146. Відро з водою рівномірно обертають у вертикальній площині по колу радіусом 1 м. Знайти найменшу швидкість обертання відра, при якій в найвищій точці вода з нього не виливається і вагу відра при цій швидкості у найвищій і найнижчій точках кола. Маса води у відрі 2 кг, масою відра знехтувати.

1.147. Прив'язаний до нитки довжиною 50 см камінь рівномірно обертається у вертикальній площині. Знайти, при якій частоті обертання нитка розірветься, якщо відомо, що це відбувається при навантаженні, рівному десятикратній вазі каменя.

1.148. Камінь, прив'язаний до нитки довжиною 50 см, рівномірно обертається у вертикальній площині. Знайти масу каменя, якщо різниця між максимальним і мінімальним натягами нитки дорівнює 10 Н.

1.149. Гирька масою 50 г прив'язана до нитки довжиною 30 см та описує в горизонтальній площині коло радіусом 15 см. Знайти силу натягу нитки?

1.150. Гирька масою 50 г прив'язана до нитки довжиною 25 см та описує в горизонтальній площині коло. Частота обертання гирьки 2 об/с. Знайти натяг нитки.

1.151. Диск обертається навколо вертикальної осі з частотою 30 об/хв. На відстані 20 см від осі обертання на диску лежить тіло. Який повинен бути коефіцієнт тертя між тілом і диском, щоб тіло не зісковзнуло з диска?

1.152. Літак, що летить зі швидкістю 900 км/год, робить «мертву петлю». Яким має бути її радіус, щоб найбільша сила, що притискає льотчика до сидіння, дорівнювала п'ятикратній вазі льотчика?

1.153. Мотоцикліст їде по горизонтальній дорозі зі швидкістю 72 км/год, роблячи поворот радіусом кривизни 100 м. Яким має бути нахил мотоцикла, щоб не впасти при повороті?

1.154. До стелі трамвайного вагона підвішена на нитці куля. Вагон їде зі швидкістю 9 км/год по закругленню радіусом 36,4 м. На який кут від вертикалі відхиляється при цьому нитка з кулею?

1.155. На закругленні дорога має ухил в 10° при радіусі закруглення 100 м. На яку оптимальну швидкість розрахована ділянка дороги?

1.156. Закріплений на нитці вантаж масою 1 кг відхиляють на кут 30°. Знайти натяг нитки в момент проходження вантажем положення рівноваги.

1.157. Хлопчик обертається на «велетенських кроках» із частотою 16 об/хв. Довжина канатів дорівнює 5 м. Який кут з вертикаллю становлять канати «велетенських кроків»? Який натяг канатів, якщо маса хлопчика дорівнює 45 кг. Яка лінійна швидкість обертання хлопчика?

1.158. Закріплений на невагомому стрижні довжиною 0,5 м вантаж масою 1 кг робить коливання у вертикальній площині. При якому куті відхилення стрижня від вертикалі кінетична енергія вантажу в його нижньому положенні дорівнює 2,45 Дж? У скільки разів при такому куті відхилення натяг стрижня в його середньому положенні більше натягу стрижня в його крайньому положенні?

1.159. На невагомому стрижні висить вантаж, який відхиляють на кут 90° й відпускають. Знайти натяг стрижня при проходженні ним положення рівноваги.

1.160. Сталевий дріт деякого радіуса витримує навантаження до 3000 Н. На такому ж дроті підвішений вантаж масою 150 кг. На який найбільший кут можна відхиляти дріт з вантажем, щоб він не розірвався при проходженні ним положення рівноваги?

1.161. Камінь масою 0,5 кг, прив’язаний до нитки довжиною 50 см, рівномірно обертається у вертикальній площині. Натяг нитки в нижній точці кола 44 Н. На яку висоту підніметься камінь, якщо мотузка обірветься в той момент, коли швидкість спрямована вертикально вгору?

1.162. Вода тече по трубі, яка знаходиться у горизонтальній площині і має заокруглення радіусом 20 м. Знайти бічний тиск води на трубу. Діаметр труби 20 см. Через поперечний переріз труби протягом однієї години протікає $3 \cdot 10^5$ кг води.

1.163. Вода тече по каналу шириною 0,5 м, розташованому в горизонтальній площині, що має заокруглення радіусом 10 м. Швидкість води 5 м/с. Знайти бічний тиск води на стінки каналу.

1.164. При вертикальному підйомі вантажу масою 2 кг на висоту 1 м постійною силою виконана робота 80 Дж. З яким прискоренням піднімали вантаж?

1.165. Літак піднімається і на висоті 5 км досягає швидкості 360 км/год. У скільки разів робота, виконана при підйомі проти сили тяжіння, більше роботи, що йде на збільшення швидкості літака? Тертям знехтувати.

1.166. Яку роботу треба виконати, щоб змусити рухоме тіло масою 2 кг збільшити свою швидкість від 2 до 5 м/с і зупинитися при початковій швидкості 8 м/с?

1.167. М'яч, що летить зі швидкістю 18 м/с, відкидається ударом ракетки в протилежному напрямку зі швидкістю 20 м/с. Знайти, чому дорівнює зміна кількості руху м'яча, якщо відомо, що зміна його кінетичної енергії при цьому 8,75 Дж.

1.168. Випущений по поверхні льоду зі швидкістю 2 м/с камінь пройшов до повної зупинки відстань 20,4 м. Знайти коефіцієнт тертя каменя по льоду, вважаючи його постійним.

1.169. Вагон масою 20 т, рухаючись рівносповільнено під дією сили тертя в 6000 Н, через деякий час зупиняється. Початкова швидкість вагона 64 км/год. Знайти роботу сили тертя й відстань, яку вагон пройде до зупинки.

1.170. Автомобіль починає гальмувати за 25 м від перешкоди на дорозі. Сила тертя при гальмуванні автомобіля постійна й дорівнює 3840 Н, маса автомобіля 1 т. При якій граничній швидкості руху автомобіль встигне зупинитися перед перешкодою.

1.171. Трамвай рухається з прискоренням 49,0 см/с^2. Знайти коефіцієнт тертя, якщо відомо, що 50% потужності двигуна йде на подолання сил тертя й 50% – на збільшення швидкості руху.

1.172. Знайти роботу, яку потрібно виконати, щоб збільшити швидкість руху тіла від 2 до 6 м/с на шляху в 10 м. На всьому шляху діє постійна сила тертя, рівна 2 Н. Маса тіла дорівнює 1кг.

1.173. Вага автомобіля $9{,}81 \cdot 10^3$ Н. При русі на нього діє постійна сила тертя, рівна 0,1 його ваги. Яка кількість бензину витрачається автомобілем на те, щоб на шляху в 0,5 км збільшити швидкість руху автомобіля від 10 до 40 км/год? ККД двигуна дорівнює 20%, теплотворна здатність бензину $4{,}6 \cdot 10^7$ Дж/кг.

1.174. Яку масу бензину витрачає двигун автомобіля на шляху 100 км, якщо при середній потужності двигуна 15 кВт середня швидкість його руху становить 30 км/год? ККД двигуна становить 22%. Інші необхідні дані взяти з умови попередньої задачі.

1.175. Воду качають з криниці глибиною 20 м. Для відкачки поставлений насос з двигуном, потужність якого дорівнює 5 кВт. Знайти ККД двигуна, якщо відомо, що за 7 годин роботи насоса об'єм піднятої з криниці води дорівнює $3{,}8 \cdot 10^5$ л.

1.176. Камінь масою 2 кг впав з деякої висоти. Падіння тривало 1,48 с. Знайти кінетичну й потенціальну енергії каменю в середній точці шляху. Опором повітря знехтувати.

1.177. З вежі висотою 25 м горизонтально кинули камінь зі швидкістю 15 м/с. Знайти кінетичну й потенціальну енергії каменю через 1 с після початку руху. Маса каменю 0,2 кг. Опором повітря знехтувати.

1.178. Камінь кинули під кутом 60° до горизонту зі швидкістю 15 м/с. Знайти кінетичну, потенціальну й повну енергії каменю через 1с після початку руху. Маса каменю 0,2 кг. Опором повітря знехтувати.

1.179. Робота, витрачена на штовхання ядра під кутом 30° до горизонту, становить 216 Дж. Через скільки часу і на якій відстані від місця кидання ядро впаде на землю? Маса ядра 2 кг. Опором повітря знехтувати.

1.180. З яким постійним тангенціальним прискоренням рухається матеріальна точка масою 10 г по колу радіусом 6,4 см, якщо відомо, що до кінця другого оберту після початку руху кінетична енергія матеріальної точки стала дорівнює $8 \cdot 10^{-4}$ Дж.

1.181. По похилій площині висотою 1 м і довжиною схилу 10 м вниз ковзає тіло масою 1 кг. Знайти кінетичну енергію тіла біля основи площини, швидкість тіла біля основи площини, відстань, пройдену тілом по горизонтальній частині шляху до зупинки. Коефіцієнт тертя ковзання на всьому шляху вважати постійним і рівним 0,05.

1.182. Тіло сковзає спочатку по похилій площині, що становить кут 8° з горизонтом, а потім по горизонтальній поверхні. Знайти коефіцієнт тертя, якщо відомо, що по горизонтальній поверхні тіло проходить таку ж відстань, як і по похилій площині.

1.183. По похилій площині висотою 0,5 м і довжиною схилу 1 м ковзає вниз тіло масою 3 кг і досягає основи похилої площини зі швидкістю 2,45 м/с. Знайти коефіцієнт тертя тіла по площині та кількість теплоти, що виділяється при терті. Початкова швидкість тіла дорівнює нулю.

1.184. Автомобіль масою $2 \cdot 10^3$ кг рухається в гору. Нахил гори дорівнює 4 м на кожні 100 м шляху. Коефіцієнт тертя дорівнює 0.08. Знайти роботу, що виконує двигун автомобіля на шляху 3 км, та його потужність, якщо цей шлях був пройдений за 4 хв.

1.185. Яку потужність розвиває двигун автомобіля масою 10^3 кг, якщо автомобіль їде з постійною швидкістю 36 км/год по горизонтальній дорозі; в гору з нахилом 5 м на кожні 100 м шляху; з гори з тим же нахилом. Коефіцієнт тертя дорівнює 0,07.

1.186. Автомобіль масою 1 т рухається з гори з виключеним двигуном при постійній швидкості 54 км/год. Нахил гори дорівнює 4 м на кожні 100 м шляху. Яку потужність має розвивати двигун цього автомобіля, щоб автомобіль з тією ж швидкістю рухався в гору з тим же самим нахилом?

1.187. Сталева пружина розтягується силою 50 Н. Коли пружину розтягують додатковою силою 80 Н, вона подовжується ще на 20 см. Яка робота виконується при цьому подовженні?

1.188. В автоматичному пістолеті при пострілі відскакує спеціальний кожух й стискує пружину, під дією якої кожух повертається на місце, роблячи перезарядження пістолета. Яка має бути мінімальна швидкість кулі, достатня для того, щоб спрацював перезаряд пістолета, якщо маса кулі 9 г, маса кожуха 250 г, відстань, на яку відходить кожух 3см, а для стиску пружини на 1см необхідна сила 40 Н?

1.189. На чашку пружинних терезів з висоти 10 см падає вантаж масою 1 кг. Які показання терезів при такому ударі? Відомо, що під дією цього вантажу в нерухомому стані, чашка терезів опускається на 0,5 см.

1.190. Визначити роботу розтягання двох з’єднаних послідовно пружин з коефіцієнтами жорсткості 400 Н/м і 250 Н/м відповідно, якщо перша пружина при цьому розтяглася на 2 см.

1.191. Зі ствола автоматичного пістолета вилетіла куля масою 10 г зі швидкістю 300 м/с. Затвор пістолета масою 200 м притискається до ствола пружиною, коефіцієнт жорсткості якої 25 кН/м. На яку відстань відійде затвор після пострілу? Вважати, що пістолет жорстко закріплений.

1.192. Пружина з коефіцієнтом жорсткості 600 Н/м стиснута силою 100 Н. Визначити роботу зовнішньої сили, що додатково стискає цю пружину ще на 2 см.

1.193. Дві пружини з коефіцієнтами жорсткості 0,5 кН/м і 1 кН/м скріплені паралельно. Визначити потенціальну енергію даної системи при абсолютній деформації 4 см.

1.194. Яку потрібно виконати роботу, щоб стиснуту на 6 см пружину з коефіцієнтом жорсткості 800 Н/м додатково стиснути ще на 8 см?

1.195. Якщо на верхній кінець вертикально розташованої пружини покласти вантаж, пружина стиснеться на 3 мм. На скільки стисне пружину той же вантаж, що впаде на кінець пружини з висоти 8 см?

1.196. Із пружинного пістолета з коефіцієнтом жорсткості пружини 150 Н/м зроблено постріл кулею масою 8 г. Визначити швидкість кулі при вильоті її з пістолета, якщо пружина була стиснена на 4 см.

1.197. Налетівши на пружинний буфер, вагон масою 16 т, що рухався зі швидкістю 0,6 м/с, зупинився, стиснувши пружину на 8 см. Знайти загальний коефіцієнт жорсткості пружин буфера.

1.198. Із пружинного пістолета вистрілили кулею масою 5 г. Коефіцієнт жорсткості пружини 1,25 кН/м. Пружина була стиснута на 8 см. Визначити швидкість кулі при вильоті її із пістолета.

1.199. При пострілі із пружинного пістолета вертикально вгору куля масою 20 г піднялася на висоту 5 м. Визначити коефіцієнт жорсткості пружини пістолета, якщо вона була стиснута на 10 см. Масою пружини знехтувати.

1.200. Знайти роботу, яку треба виконати, щоб стиснути пружину на 20 см, якщо відомо, що сила пропорційна деформації й під дією сили 29,4 Н пружина стискується на 1 см.

1.201. Знайти найбільший прогин ресори від вантажу, покладеного на її середину, якщо статичний прогин ресори від того ж вантажу дорівнює 2 см. Визначити найбільший початковий прогин, якщо на середину ресори падає той же вантаж з висоти 1 м без початкової швидкості.

1.202. Акробат стрибає на сітку з висоти 8 м. На якій граничній висоті над підлогою треба натягнути сітку, щоб акробат не вдарився об підлогу при стрибку? Відомо, що сітка прогинається на 0,5 м, якщо акробат стрибає на неї з висоти 1 м.

1.203. Вантаж поклали на чашу пружинних терезів. Скільки поділок покаже стрілка терезів при початковому відхиленні, якщо після припинення коливань вона показує 5 поділок?

1.204. З якою швидкістю рухався вагон масою 20 т, якщо при ударі об стінку буфер стиснувся на 10 см? Відомо, що пружина буфера стискається на 1 см під дією сили 10 кН.

1.205. Хлопчик, стріляючи з рогатки, натягнув гумовий шнур так, що його довжина стала більшою на 10 см. З якою швидкістю полетів камінь масою 20 г? Для натягування гумового шнура на 1 см потрібна сила 10 Н. Опором повітря при польоті каменю знехтувати.

1.206. До нижнього кінця підвішеної вертикально пружини приєднана інша пружина, до кінця якої прикріплений вантаж. Коефіцієнти жорсткості пружин дорівнює відповідно k_1 та k_2. Нехтуючи вагою пружин у порівнянні з вагою вантажу, знайти відношення потенціальних енергій цих пружин.

1.207. На двох паралельних пружинах однакової довжини висить невагомий стрижень. Коефіцієнти жорсткості пружин дорівнює відповідно 20 Н/см та 30 Н/см. Довжина стрижня дорівнює відстані між пружинами 10 см. У якому місці стрижня треба підвісити вантаж, щоб стрижень залишався горизонтальним?

1.208. Гумовий м’яч масою 0,1 кг летить горизонтально з певною швидкістю і стикається з нерухомою вертикальною стінкою. За час 0,01 с м’яч стискається на 1,37 см; такий самий час потрібний для відновлення початкової форми м’яча. Знайти середню силу, що діє на стінку за час удару.

1.209. Гирька вагою 4,9 Н прив’язана до гумового джгута певної довжини та описує в горизонтальній площині коло. Частота обертання 2 об/с. Кут відхилення гумового джгута від вертикалі 30^0. Знайти довжину не розтягнутого гумового джгута. Для розтягнення джгута на 1 см потрібна сила 6,0 Н.

1.210. Вантаж масою 0,5 кг, прив’язаний до гумового джгута довжиною 9,5 см, відхиляють на кут 90° та відпускають. Знайти довжину гумового джгута в момент проходженні вантажем положення рівноваги. Коефіцієнт жорсткості гумового джгута 10 Н/см.

1.211. М’яч радіусом 10 см плаває у воді так, що його центр знаходиться на 9 см вище поверхні води. Яку роботу слід виконати, щоб занурити м’яч у воду до діаметральної площини?

1.212. Куля радіусом 6 см втримується зовнішньою силою під водою так, що її верхня точка торкається поверхні води. Густина матеріалу кулі 500 кг/м^3. Яку роботу виконає виштовхувальна сила, якщо відпустити кулю?

1.213. Куля діаметром 30 см плаває в воді. Яку роботу слід виконати, щоб занурити її у воду ще на 5 см. Густина матеріалу кулі 500 кг/м^3.

1.214. Шматок льоду з площею поперечного перерізу 1 м^2 та висотою 0,4 м плаває в воді. Яку роботу слід виконати, щоб повністю занурити шматок льоду у воду?

1.215. На рейках стоїть платформа масою 10 т, на якій закріплена гармата масою 5 т. З неї стріляють вздовж рейок. Маса снаряду 100 кг; його початкова швидкість відносно гармати 500 м/с. Знайти швидкість платформи одразу після пострілу, якщо платформа стояла нерухомо; рухалась зі швидкістю 18 км/год та постріл був виконаний в напрямку її руху; платформа рухалась зі швидкістю 18 км/год та постріл був виконаний в напрямку, протилежному напрямку її руху.

1.216. З рушниці масою 5 кг вилітає куля масою $5 \cdot 10^{-3}$ кг зі швидкістю 600 м/с. Знайти швидкість віддачі рушниці.

1.217. Людина масою 60 кг, що біжить зі швидкістю 8 км/год, наздоганяє візок масою 80 кг, що рухається зі швидкістю 2,9 км/год, та стрибає на нього. З якою швидкістю буде рухатися візок? З якою швидкістю буде рухатися візок, якщо людина бігла назустріч йому?

1.218. Снаряд вагою 980 Н летить горизонтально вздовж залізничного шляху зі швидкістю 500 м/с, потрапляє у вагон з піском масою 10 т та застрягає в ньому. Яку швидкість матиме вагон, якщо він стояв нерухомо; рухався зі швидкістю 36 км/год у тому ж напрямку, що й снаряд; рухався зі швидкістю 36 км/год в напрямку, протилежному рухові снаряду.

1.219. Граната, що летить зі швидкістю 10 м/с, розірвалася на два осколки. Більший осколок, маса якого складає 60 % маси всієї гранати, продовжив рухатись в тому ж напрямку, але зі збільшеною швидкістю 25 м/с. Знайти швидкість меншого осколку.

1.220. Тіло масою 1 кг, що рухається горизонтально зі швидкістю 1 м/с, наздоганяє друге тіло масою 0,5 кг та непружно зіштовхується з ним. Яку швидкість матиме це тіло, якщо друге тіло стояло нерухомо; друге тіло рухалось зі швидкістю 0,5 м/с в тому ж напрямку, що й перше тіло; друге тіло рухалось зі швидкістю 0,5 м/с у напрямку, протилежному напрямку руху першого тіла.

1.221. Людина та візок рухаються назустріч один одному. Маса людини 64 кг, маса візка 32 кг. Швидкість людини 5,4 км/год, швидкість візка 1,8 км/год. Людина застрибає на візок. Знайти швидкість візка разом з людиною.

1.222. Людина, стоячи на нерухомому візку, кидає вперед у горизонтальному напрямку камінь масою 2 кг. Візок з людиною покотився назад та відразу після кидання каменя набув швидкості 0,1 м/с. Маса візка з людиною 100 кг. Знайти кінетичну енергію кинутого каменя.

1.223. Тіло масою 2 кг рухається назустріч іншому тілу масою 1,5 кг та непружно зіштовхується з ним. Швидкість тіл перед зіткненням відповідно 1 м/с та 2 м/с. Скільки часу будуть рухатися ці тіла після зіткнення, якщо коефіцієнт тертя об поверхню дорівнює 0,05 ?

1.224. Автомат випускає 600 куль/хв. Маса кожної кулі 4 г, її початкова швидкість 500 м/с. Знайти середню силу віддачі при стрільбі чергою.

1.225. На рейках стоїть платформа масою 10 т, на якій закріплена гармата масою 5 т. З неї вистрілюють вздовж рейок. Маса снаряду 100 кг; його початкова швидкість відносно гармати 500 м/с. На яку відстань відкотиться платформа при пострілі, якщо вона стояла нерухомо; рухалась зі швидкістю 18 км/год та постріл був виконаний в напрямку її руху; платформа рухалась зі швидкістю 18 км/год та постріл був виконаний в напрямку, протилежному напрямку її руху. Коефіцієнт тертя платформи по рейках 0,002.

1.226. Із гармати масою $5 \cdot 10^3$ кг вилітає снаряд масою 100 кг. Кінетична енергія снаряду при вильоті $7{,}5 \cdot 10^6$ Дж. Яку кінетичну енергію отримує гармата в результаті віддачі?

1.227. Тіло масою 2 кг рухається зі швидкістю 3 м/с та наздоганяє друге тіло масою 3 кг, що рухається зі швидкістю 1 м/с. Знайти швидкість тіл після зіткнення, якщо удар був непружним; удар був пружним? Тіла рухаються вздовж одної прямої, удар центральний.

1.228. Знайдіть таке співвідношення між масами тіл у попередній задачі, щоб при пружному ударі перше тіло після удару зупинилось.

1.229. Тіло масою 3 кг рухається зі швидкістю 4 м/с та вдаряється в нерухоме тіло тієї ж маси. Вважаючи удар центральним та непружним, знайти кількість теплоти, яка виділилась при ударі.

1.230. Тіло масою 5 кг вдаряється в нерухоме тіло масою 2,5 кг. Останнє починає рухатись з кінетичною енергією 5 Дж. Вважаючи удар центральним та пружним, знайти кінетичну енергію першого тіла до та після удару.

1.231. Тіло вагою 49 Н вдаряється в нерухоме тіло масою 2,5 кг. Кінетична енергія системи цих двох тіл відразу після удару рівна 5 Дж. Вважаючи удар центральним та непружним, знайти кінетичну енергію першого тіла до удару.

1.232. Два тіла рухаються назустріч один одному та вдаряються непружно. Швидкість першого тіла до удару 2 м/с, швидкість другого 4 м/с. Загальна швидкість тіл після удару за напрямком співпадає з напрямком швидкості першого тіла і дорівнює 1 м/с. У скільки разів кінетична енергія першого тіла була більша кінетичної енергії другого тіла?

1.233. Дві кулі підвішені на паралельних нитках однакової довжини так, що вони дотикаються. Маса першої кулі 0,2 кг, другої 100 г. Першу кулю відхиляють так, щоб її центр ваги піднявся на висоту 4,5 см та відпускають. На яку висоту піднімуться кулі після зіткнення, якщо удар пружний? непружний?

1.234. Куля, що летить горизонтально, попадає у сферу, підвішену на дуже легкому жорсткому стрижні, та застрягає в ньому. Маса кулі в 1000 раз менше маси сфери. Відстань від точки підвісу до центра сфери 1 м. Знайти швидкість кулі, якщо відомо, що стрижень зі сферою відхилився від удару кулі на кут 10°.

1.235. Куля, що летить горизонтально, попадає у сферу, підвішену на дуже легкому жорсткому стрижні, та застрягає в ньому. Маса кулі 5 г та маса сфери 0,5 кг. Швидкість кулі 500 м/с. За якої граничної довжини стрижня (відстань від точки підвісу до центра сфери) сфера від удару кулі підніметься до верхньої точки кола?

1.236. Дерев’яним молотком масою 0,5 кг вдаряють по нерухомій стінці. Швидкість молотка в момент удару 1 м/с. Враховуючи коефіцієнт відновлення при ударі 0,5, знайти кількість теплоти, що виділилась при ударі. Коефіцієнтом відновлення матеріалу називається відношення швидкості тіла після удару до швидкості до удару.

1.237. Знайти імпульс сили, що діє на стінку під час удару, за умови попередньої задачі.

1.238. Дерев'яна куля падає вертикально вниз з висоти 2 м без початкової швидкості. Коефіцієнт відновлення при ударі кулі об підлогу 0,5. Знайти висоту, на яку підскочить куля після удару та кількість теплоти, що виділяється при цьому ударі. Маса кулі 100 г.

1.239. Пластмасова куля, падаючи з висоти 1 м, декілька разів відскакує від підлоги. Чому дорівнює коефіцієнт відновлення при ударі кулі об підлогу, якщо з моменту падіння до другого удару об підлогу пройшло 1,3 с?

1.240. Стальна куля, впавши з висоти 1,5 м на стальну плиту, відскочила від неї зі швидкістю $0{,}75 \cdot \upsilon_1$ м/с, де υ_1 – швидкість у момент падіння на плиту. На яку висоту вона підніметься? Скільки часу пройде від початку руху кулі до другого її падіння на плиту?

1.241. Металева куля, падаючи з висоти 1 м на сталеву плиту, відскочила від неї на висоту 81 см. Знайти коефіцієнт відновлення кулі при ударі.

1.242. Стальна куля масою 20 г, падаючи з висоти 1 м на стальну плиту, відскочила від неї на висоту 81 см. Знайти імпульс сили, отриманий плитою за час удару та кількість теплоти, що виділилась при ударі.

1.243. Рухоме тіло масою m_1 вдаряється в нерухоме тіло масою m_2. Вважаючи удар непружним та центральним, знайти, яка частина початкової кінетичної енергії переходить при ударі в теплоту. Задачу розв'язати спочатку в загальному вигляді, а потім розглянути випадки: $m_1 = m_2$; $m_1 = 9m_2$.

1.244. Рухоме тіло масою m_1 вдаряється в нерухоме тіло з масою m_2. Вважаючи удар пружним та центральним, знайти, яку частину своєї початкової кінетичної енергії перше тіло передає другому при ударі? Задачу розв'язати спочатку в загальному вигляді, а потім розглянути випадки: $m_1 = m_2$; $m_1 = 9m_2$.

1.245. Рухоме тіло масою m_1 вдаряється в нерухоме тіло з масою m_2. Чому має дорівнювати відношення мас m_1/m_2, щоб при центральному пружному ударі швидкість тіла зменшилася в 1,5 рази? З якою кінетичною енергією при цьому починає рухатися друге тіло, якщо початкова кінетична енергія першого тіла дорівнює 1 кДж?

1.246. Нейтрон масою m_0 вдаряється в нерухоме ядро атома вуглецю ($m = 12m_0$). Вважаючи удар центральним і пружним знайти, яку частину своєї швидкості втратить нейтрон при ударі.

1.247. Нейтрон масою m_0 вдаряється в нерухоме ядро атома урану ($m = 235m_0$). Вважаючи удар центральним і пружним знайти, яку частину своєї швидкості втратить нейтрон при ударі.

1.248. Куля масою 4 кг рухається зі швидкістю 5 м/с і зіштовхується з кулею масою 6 кг, яка рухається їй назустріч зі швидкістю 2 м/с. Вважаючи удар прямим центральним, а кулі однорідними, абсолютно пружними, знайти їх швидкість після удару.

1.249. Вагон масою 35 т рухається до упорної стіни зі швидкістю 5 м/с. При повному гальмуванні вагона буферні пружини стискаються на 12 см. Визначити максимальну силу стискання буферних пружин та тривалість гальмування.

1.250. Куля масою 5 кг, що рухається з швидкістю 1 м/с, зіштовхується з нерухомою кулею масою 2 кг. Визначити швидкості після зіткнення. Кулі вважати однорідними, абсолютно пружними, удар – прямим центральним.

1.251. Човен довжиною 3 м і масою 120 кг стоїть на нерухомій воді. На носу та кормі знаходяться два рибалки масою відповідно 60 кг та 90 кг. На скільки зміститься човен відносно води, якщо рибалки пройдуть по човну та поміняються місцями?

1.252. Пліт масою 160 кг та довжиною 2 м плаває на воді. На плоту знаходиться людина, що має масу 80 кг. З якою найменшою швидкістю та під яким кутом до горизонту повинен стрибнути чоловік вздовж плота, щоб попасти на його протилежний край?

1.253. Куля масою 3 кг, що рухається з швидкістю 5 м/с зіштовхується з нерухомою кулею масою 5 кг. Напрямок руху першої кулі змінився на кут 45°. Визначити швидкості куль після удару. Удар вважати абсолютно пружним.

1.254. Атом розпадається на дві частини з масами відповідно $1{,}6\cdot10^{-5}$ кг та $2{,}3\cdot10^{-25}$ кг. Визначити кінетичні енергії частин атома, якщо їхня загальна кінетична енергія $2{,}2\cdot10^{-11}$ Дж. Кінетичною енергією та імпульсом атома до розпаду нехтувати.

1.255. На скільки відносно берега переміститься човен довжиною 3,5 м та масою 200 кг, якщо людина масою 80 кг, яка стоїть на кормі, переміститься на ніс човна? Вважати, що човен розташований перпендикулярно до берега.

1.256. З похилої площини висотою 3 м і довжиною 5 м без тертя зісковзує тіло масою 0,5 кг. Визначити імпульс тіла в кінці площини.

1.257. Куля масою 2 кг зіштовхується з нерухомою кулею з більшою масою та при цьому втрачає 40 % кінетичної енергії. Визначити масу більшої кулі. Удар вважати абсолютно пружним, прямим, центральним.

1.258. Ящик масою 20 кг зісковзує по ідеально гладенькому лотку довжиною 2 м на нерухомий візок з піском і застрягає в ньому. Візок з піском масою 80 кг може вільно (без тертя) рухатися по рейкам в горизонтальному напрямі. Визначити швидкість візка з ящиком, якщо лоток нахилений під кутом 30° до рейок.

1.259.Куля масою m_1, що рухається горизонтально з швидкістю υ_1, зіштовхується з нерухомою кулею масою m_2. Удар абсолютно пружний, центральний, прямий. Яку долю своєї кінетичної енергії перша куля передала другій?

1.260. Куля масою 10 кг зіштовхується з кулею масою 4 кг. Швидкості куль відповідно 4 м/с та 12 м/с. Знайти швидкість куль після удару в двох випадках: менша куля наздоганяє більшу, що рухається в тому ж напрямку; кулі рухаються назустріч одна одній. Удар вважати непружним, центральним, прямим.

1.261. Із човна масою 240 кг, що пливе з швидкістю 2 м/с, людина масою 60 кг стрибає в горизонтальному напрямку з швидкістю 4 м/с (відносно човна). Знайти швидкість човна після стрибка людини в напрямку руху човна та в протилежний бік.

1.262. Чоловік, що стояв в човні, зробив шість кроків вздовж човна та зупинився. На скільки кроків пересунувся човен, якщо маса човна вдвічі більша за масу людини? вдвічі менша за масу людини?

1.263. Куля масою 200 г, що рухається з швидкістю 10 м/с, стикається з нерухомою кулею масою 800 г. Удар прямий, центральний, абсолютно пружний. Визначити швидкості куль після зіткнення.

1.264. Куля, що рухалась горизонтально, зіштовхнулась з нерухомою кулею та передала їй 64 % своєї кінетичної енергії. Кулі абсолютно пружні, удар прямий, центральний. У скільки разів маса другої кулі більше маси першої?

1.265. На підлозі стоїть візок у вигляді довгої дошки з легкими колесами. На одному кінці дошки стоїть людина, що має масу 60 кг, а маса дошки 20 кг. З якою швидкістю (відносно підлоги) буде рухатися візок, якщо людина піде вздовж дошки з швидкістю (відносно дошки) 1 м/с ? Масою коліс нехтувати, тертя не враховувати.

1.266. Снаряд, який летів із швидкістю 400 м/с, розірвався на два осколка. Менший осколок, маса якого складає 40 % маси снаряда, полетів у протилежному напрямку з швидкістю 150 м/с. Визначити швидкість більшого осколка.

1.267. У дерев'яний брусок масою 8 кг, який підвішений на нитці довжиною 1,8 м, влучає куля масою 4 г, яка летіла горизонтально. З якою швидкістю летіла куля, якщо нитка з бруском та кулею відхилилась від вертикалі на кут 3^0 ? Розміром бруска нехтувати. Удар кулі вважати прямим, центральним

1.268. Дві кулі рухаються назустріч одна одній з масами та швидкостями відповідно 1 кг і 4 м/с, та 2 кг і 8 м/с. Які швидкості куль після зіткнення? Удар вважати абсолютно пружним, прямим, центральним.

1.269. Куля масою 3 кг, що рухається з швидкістю 2 м/с зіштовхується з нерухомою кулею масою 5 кг. Яка робота буде здійснена по деформуванню куль? Удар вважати абсолютно непружним, прямим, центральним.

1.270. Визначити ККД непружного удару ударного стрижня масою 0,5 т, який падає на палю масою 120 кг. Корисною вважати енергію, яка пішла на заглиблення палі.

1.271. З висоти 2 м на стальну плиту вільно падає кулька масою 200 г та підстрибує на висоту 0,5 м. Визначити імпульс, який отримала кулька під час удару.

1.272.Снаряд масою 8 кг, який летів горизонтально з швидкістю 250 м/с, розривається на два осколки. Більший осколок масою 6 кг набув швидкості 400 м/с в напрямку польоту снаряду. Визначити напрямок і значення швидкості меншого осколка.

1.273. З візка, який вільно рухається по горизонтальному шляху з швидкістю 3 м/с, стрибає людина в бік, протилежний напрямку руху візка. Визначити горизонтальну складову швидкості людини. Маса візка 210 кг, людини – 70 кг.

1.274. Гармата, яка жорстко закріплена на залізничній платформі, стріляє вздовж залізничної колії під кутом 300 до горизонту. Визначити швидкість віддачі платформи, якщо снаряд вилітає з швидкістю 480 м/с. Маса платформи з гарматою та снарядами 18 т, маса снаряду 60 кг.

1.275. Два однакових човна масою 200 кг кожний (разом з людиною та вантажем, що знаходяться в човнах) рухаються паралельними курсами назустріч один одному з однаковими швидкостями 1 м/с. Коли вони порівнялись, з першого човна в другий та з другого в першій одночасно перекидають вантаж масою 20 кг. Визначити швидкості човнів після перекидання вантажів.

1.276. Визначити імпульс, який отримала стінка при ударі з нею кульки масою 200 г, якщо кулька рухалась із швидкістю 8 м/с під кутом 60° до площини стінки. Удар вважати абсолютно пружним.

1.277. Через блок у вигляді диска, що має масу 80 г, перекинута тонка нерозтяжна нитка, до кінців якої прив'язані вантажі масами 100 г і 200 г. З яким прискорення будуть рухатись вантажі, якщо їх відпустити? Тертям і масою нитки нехтувати.

1.278. Маховик у вигляді диска радіусом 0,2 м і масою 50 кг розкручений до частоти обертання 480 $об^{-1}$ і наданий сам собі. Під дією сил тертя маховик зупиняється через 50 с. Знайти момент сил тертя.

1.279. Циліндр, який розташований горизонтально, може обертатися навколо осі, яка співпадає з віссю циліндра. Маса циліндра 12 кг. На циліндр намотаний шнур, до якого прив'язаний вантаж масою 1 кг. Визначити прискорення, з яким буде опускатись вантаж і силу натягу шнура.

1.280. Через блок, який виконаний у вигляді колеса, перекинута нитка, до кінців якої прив'язані вантажі масами 100 г і 300 г. Масу колеса 200 г вважати рівномірно розподіленого по ободу, масою спиць нехтувати. Визначити, з яким прискоренням будуть рухатися вантажі та сили натягу нитки по обидва боки від блока.

1.281. Два однакових маховика розкрутили до кутової швидкості 63 рад/с. Під дією сил тертя перший маховик зупинився через 1 хв, а другий зробив до повної зупинки 360 обертів. В якого маховика гальмуючий момент був більшим і в скільки разів?

1.282. Однорідна куля масою 5 кг скочується без ковзання по похилій площині висотою 1 м і довжиною 90 см. Яку лінійну швидкість буде мати центр кулі в момент, коли вона скотиться з похилої площини? Скільки часу куля буде котитися від вершини до підніжжя похилої площини?

1.283. Суцільний циліндр скотився з похилої площини висотою 20 см. Визначити швидкість поступального руху суцільного циліндру в кінці площини.

1.284. Тонкостінний циліндр з діаметром основи 30 см і масою 12 кг обертається за законом $\varphi = A+Bt+Ct^2$, де A = 4 рад; B = 2 рад/с; C = 0,2 рад/с^2. Визначити діючий на циліндр момент сил і кутову швидкість через 3 с після початку обертання.

1.285. На маховик діаметром 60 см намотаний шнур, до кінця якого прив'язаний вантаж масою 2 кг. Визначити момент інерції маховика, якщо він, обертаючись рівноприскорено під дією сили тяжіння вантажу, за час 3 с набув кутової швидкості 9 рад/с.

1.286. Через блок діаметром 4 см перекинута нитка до кінців якої прив'язані вантажі масами 50 г і 60 г. Визначити момент інерції блока, якщо під дією сили тяжіння вантажів він набув кутового прискорення 1,5 рад/с^2.

1.287. Стрижень обертається навколо осі, яка проходить через його середину, за законом $\varphi = At + Bt^3$, де A = 2 рад/с; B = 0,2 рад/с^3. Визначити обертальний момент, який діє на стрижень у момент часу 2 с, якщо момент інерції стрижня 0,048 кг·м^2.

1.288. По горизонтальній площині котиться диск із швидкістю 8 м/с. Визначити коефіцієнт опору, якщо диск наданий сам собі зупинився пройшовши шлях 18 м.

1.289.Визначити момент сили, який необхідно прикласти до блока, що обертається з частотою 12 с$^{-1}$, щоб він зупинився протягом 8 с. Діаметр блока 30 см. Масу блока 6 кг вважати рівномірно розподіленою по ободу.

1.290. Блок, який має форму диска масою 0,4 кг, обертається під дією сили натягу нитки, до кінців якої прив'язані вантажі масами 0,3 кг і 0,7 кг. Визначити сили натягу нитки по обидва боки від блока.

1.291. На нерухомий блок радіусом 8 см намотаний шнур, до якого прив'язаний вантаж масою 1 кг. Опускаючись рівноприскорено, вантаж пройшов шлях 1,6 м за час 2 с. Визначити момент інерції блока.

1.292. Через блок, який має форму диска, перекинутий невагомий шнур. До кінців шнура прив'язані вантажі масами 100 г та 110 г. З яким прискоренням будуть рухатися вантажі, якщо маса блока 400 г рівномірно розподілена по його об'єму? Шнур по блоку не проковзує.

1.293. Однорідний диск радіусом 50 см та масою 50 кг обертається навколо осі, що проходить через його центр. Залежність кутової швидкості від часу має вигляд $\omega = A+Bt$, де $B = 2$ рад/с^2. Знайти дотичну силу, що прикладена до ободу диска. Тертям нехтувати.

1.294. Вал у вигляді суцільного циліндра масою 10 кг насаджений на горизонтальну вісь. На циліндр намотаний шнур, до вільного кінця якого прив'язаний вантаж масою 2 кг. З яким прискоренням буде опускатись вантаж, якщо його відпустити?

1.295. Через блок, закріплений на горизонтальній осі, перекинута нитка, до кінців якої прив’язані вантажі масами 0,3 кг і 0,2 кг. Маса блока 0,3 кг. Блок вважати однорідним диском. Знайти лінійне прискорення вантажів.

1.296. Колесо масою 5 кг, під дією обертального моменту 0,25 Н·м протягом 1 хв набуває частоти обертання 60 об/хв. Визначити радіус колеса, вважаючи, що вся його маса зосереджена в ободі.

1.297. До ободу однорідного диска радіусом 0,2 м прикладена дотична сила 98,1 Н. При обертанні на диск діє гальмуючий момент 5 Н·м. Знайти масу диска, якщо відомо, що диск обертається з постійним кутовим прискоренням 100 рад/с^2.

1.298. Однорідний стрижень довжиною 1 м і масою 0,5 кг обертається в вертикальній площині навколо горизонтальної осі, яка проходить через його середину. З яким кутовим прискоренням обертається стрижень, якщо обертальний момент дорівнює $9{,}81\cdot10^{-2}$ Н·м ?

1.299. Однорідний диск радіусом 0,2 м і масою 5 кг обертається навколо осі, яка проходить через його центр. Залежність кутової швидкості від часу має вигляд $\omega=A+Bt$, де $B = 8$ рад/с^2. Знайти дотичну силу, що прикладена до обода диска. Тертям нехтувати.

1.300. Маховик з моментом інерції 63,6 кг·м^2, обертається з сталою кутовою швидкістю 31,4 рад/с. Знайти гальмуючий момент, під дією якого маховик зупиниться через час 20 с.

1.301. До ободу колеса, що має форму диска радіусом 0,5 м і масою 50 кг, прикладена дотична сила 100 Н. Знайти кутове прискорення колеса. Через який час після початку дії сили колесо буде мати частоту обертання 100 об/с ?

1.302. Маховик радіусом 0,2 м і масою 10 кг з'єднаний з мотором привідним ременем. Сила натягу ременя 14,7 Н. Яку частоту обертання буде мати маховик через 10 с після початку руху? Маховик вважати однорідним диском. Тертям нехтувати. Ремінь рухається без проковзування.

1.303. Махове колесо, що має момент інерції 245 кг·м^2, обертається з частотою 20 об/с. Через 1 хв. після того, як на колесо перестав діяти обертальний момент, воно зупинилося. Знайти момент сил тертя; число обертів, яке зробило колесо до повної зупинки після припинення дії обертального моменту.

1.304. Два вантажі масами 2 кг і 1 кг з'єднані ниткою та перекинуті через блок, який має масу 1 кг. Знайти прискорення, з яким рухаються вантажі, та натяг нитки по обидва боки від блока. Блок вважати однорідним диском. Тертям нехтувати.

1.305. На барабан масою 9 кг намотаний шнур, до кінця якого прив'язаний вантаж масою 2 кг. Знайти прискорення з яким буде опускатися вантаж. Тертям нехтувати.

1.306. На барабан радіусом 0,5 м намотаний шнур, до кінця якого прив'язаний вантаж масою 10 кг. Знайти момент інерції барабана, якщо відомо, що вантаж опускається з прискоренням 2,04 м/с^2.

1.307. На барабан радіусом 20 см намотаний шнур, до кінця якого прив'язаний вантаж масою 0,5 кг. Момент інерції барабана 0,1 кг·м^2. На початку висота вантажу над підлогою була 1 м. Визначити час, за який вантаж опуститься на підлогу; кінетичну енергію вантажу в момент удару його об підлогу та натяг нитки. Тертям нехтувати.

1.308. Два вантажі з однаковою масою з'єднані ниткою та перекинуті через блок, який має момент інерції 50 кг·м^2 та радіус 20 см. Момент сил тертя, який діє на блок, дорівнює 98,1 Н·м. Знайти різницю натягів нитки по обидва боки від блока, якщо відомо, що блок обертається з сталим кутовим прискоренням 2,36 рад/с^2.

1.309. Блок масою 1 кг закріплений на кінці стола. Два вантажі з однаковою масою 1 кг з'єднані ниткою та перекинуті через блок. Коефіцієнт тертя вантажу об стіл дорівнює 0,1. Блок вважати однорідним диском. Тертям у блоці нехтувати. Знайти прискорення, з яким рухаються вантажі, та натяг нитки по обидва боки від блока.

1.310. Диск масою 2 кг котиться без ковзання по горизонтальній площині з швидкістю 4 м/с. Знайти кінетичну енергію диска.

1.311. Куля діаметром 6 см котиться без ковзання по горизонтальній площині з частотою обертання 4 об/с. Маса кулі 0,25 кг. Знайти кінетичну енергію кулі.

1.312. Обруч і диск мають однакову масу та котяться без проковзування з однаковою лінійною швидкістю. Кінетична енергія обруча 400 Дж. Знайти кінетичну енергію диска.

1.313. Куля масою 1 кг, що котиться без проковзування, ударяється об стінку та відскакує від неї. Швидкість кулі до удару об стінку 10 см/с, після удару – 8 см/с. Знайти кількість теплоти, яка виділилася при ударі.

1.314. Диск, який має масу 1 кг та діаметр 60 см, обертається навколо осі, яка проходить через його центр перпендикулярно до площини, з частотою 20 об/с. Яку роботу треба виконати, щоб зупинити цей диск?

1.315. Вал, який обертається з сталою частотою 5 об/с, має кінетичну енергію 60 Дж. Знайти момент імпульсу цього вала.

1.316. Знайти кінетичну енергію велосипедиста, який їде з швидкістю 9 км/год. Маса велосипеда разом із людиною 78 кг, причому маса коліс складає 3 кг. Колеса велосипеда вважати обручами.

1.317. Хлопчик котить обруч по горизонтальній дорозі з швидкістю 7,2 км/год. На яку відстань може викотитися обруч на гірку за рахунок його кінетичної енергії? Ухил гірки 10 м на кожні 100 м шляху.

1.318. З якої найменшої висоти повинен з'їхати велосипедист, щоб по інерції (без тертя) проїхати доріжку, що має форму «мертвої петлі» радіусом 3 м , і не відірватися від доріжки в верхній точці петлі ? Маса велосипедиста разом із велосипедом 75 кг.

1.319. Мідна куля радіусом 10 см обертається з частотою 2 об/с навколо осі, що проходить через її центр. Яку роботу треба виконати, щоб збільшити кутову швидкість обертання кулі вдвічі ?

1.320. Знайти лінійні прискорення центрів мас кулі, диска та обруча, що скочуються без проковзування з похилої площини. Кут нахилу площини 300. Початкова швидкість усіх тіл дорівнює нулеві. Порівняти ці прискорення з прискоренням тіла, що зісковзує з цієї ж площини при відсутності тертя.

1.321. Знайти лінійні швидкості центрів мас кулі, диска та обруча, що скочуються без проковзування з похилої площини. Висота похилої площини 0,5 м, початкова швидкість усіх тіл дорівнює нулю. Порівняти ці швидкості з швидкістю тіла, що зісковзує з цієї ж площини без тертя.

1.322. Є два циліндри: алюмінієвий (суцільний) та свинцевий (полий), що мають однакові радіуси 6 см та маси 0,5 кг. Знайти моменти інерції цих циліндрів. За який час кожний циліндр скотиться без проковзування з похилої площини? Висота похилої площини 0,5 м, а кут нахилу площини 300. Початкова швидкість кожного циліндра дорівнює нулеві.

1.323. Колесо, що обертається рівносповільнено при гальмуванні, зменшило за 1 хв частоту обертання від 300 до 180 об/хв. Момент інерції колеса 2 кг·м^2. Знайти кутове прискорення та гальмівний момент.

1.324. Вентилятор обертається з частотою 900 об/хв. Після вимкнення живлення вентилятор, обертаючись рівносповільнено, зробив до повної зупинки 75 обертів. Робота сил гальмування дорівнює 44,4 Дж. Знайти момент інерції вентилятора та гальмівний момент.

1.325. Махове колесо, що має момент інерції 245 кг·м^2, обертається з частотою 20 об/с. Після того, як на колесо припинив діяти обертальний момент, воно зупинилося, зробивши 1000 обертів. Знайти момент сил тертя, а також час, який пройшов від моменту припинення дії обертального моменту до повної зупинки колеса.

1.326. По ободу шківа, що насаджений на одну вісь з маховим колесом, намотана нитка, до кінця якої прив'язаний вантаж масою 1 кг. На яку відстань має опуститися вантаж, щоб колесо з шківом оберталися з частотою 60 об/хв? Момент інерції колеса зі шківом 0,42 кг·м^2, радіус шківа 10 см.

1.327. Махове колесо починає обертатися з кутовим прискоренням 0,5 рад/с^2 і через 15 с після початку руху має момент імпульсу 73,5 кг·м^2/с. Знайти кінетичну енергію колеса через 20 с після початку обертання.

1.328. Маховик, який обертається з частотою 10 об/с, має кінетичну енергію 800 Дж. Визначити час, який необхідний для того, щоб під дією обертального моменту 50 Н·м збільшити кутову швидкість маховика в два рази.

1.329. До ободу диска, що має масу 5 кг, прикладена стала дотична сила 20 Н. Яку кінетичну енергію буде мати диск через 5 с після початку дії сили ?

1.330. На який кут треба відхилити однорідний стрижень, який насаджений на горизонтальну вісь, що проходить через верхній кінець стрижня, щоб нижній кінець стрижня при проходженні ним положення рівноваги мав швидкість 5 м/с ? Довжина стрижня 1 м.

1.331. Однорідний стрижень довжиною 85 см насаджено на горизонтальну вісь, яка проходить через верхній кінець стрижня. Яку найменшу швидкість треба надати нижньому кінцю стрижня, щоб він зробив повний оберт навколо осі ?

1.332. Олівець, який поставлено вертикально, падає на стіл. Яку кутову та лінійну швидкості будуть мати в кінці падіння середина олівця та його верхній кінець ? Довжина олівця 15 см.

1.333. Знайти відносну похибку, яка виникає при обчисленні кінетичної енергії кулі, що котиться, якщо не враховувати обертання кулі.

1.334. Знайти момент інерції та момент імпульсу земної кулі відносно осі обертання.

1.335. Горизонтальна платформа, що має масу 100 кг, обертається навколо вертикальної осі, що проходить через її центр з частотою 10 об/с. На краю платформи стоїть людина масою 60 кг. З якою швидкістю почне обертатися платформа, якщо людина перейде від краю платформи до її центра? Вважати платформу однорідним диском, а людину – точковою масою. Яку роботу виконає людина при переході від краю платформи до її центру? Радіус платформи 1,5 м.

1.336. Горизонтальна платформа, що має 80 кг та радіус 1 м, обертається з частотою 20 м/с. У центрі платформи стоїть людина, тримаючи в розведених руках гирі. З якою частотою буде обертатися платформа, якщо людина опустить руки, зменшивши свій момент інерції від 2,94 до 0,98 кг·м^2 ? Вважати платформу однорідним диском.

1.337. Людина масою 60 кг знаходиться на нерухомій платформі масою 100 кг. Обчислити частоту обертання платформи, якщо людина рухається по колу радіусом 5 м навколо осі обертання ? Швидкість руху людини відносно платформи 4 км/год. Радіус платформи 10 м. Вважати платформу однорідним диском, а людину – точковою масою.

1.338. Людина стоїть у центрі лави Жуковського та разом з нею обертається по інерції з частотою 0,5 об/с. Момент інерції людини відносно осі обертання 1,6 кг·м^2. У витягнутих у сторони руках людина тримає дві гирі з однаковою масою 2 кг. Відстань між гирями 1,6 м. Визначити швидкість обертання лави з людиною, якщо людина опустить руки і відстань між гирями буде 0,4 м? Моментом інерції лави нехтувати.

1.339. Людина стоїть на лаві, яка може обертатися навколо вертикальної осі, і ловить м'яч, який має масу 0,4 кг та летить у горизонтальному напрямку на відстані 0,8 м від осі зі швидкістю 20 м/с. З якою кутовою швидкістю почне обертатися лава з людиною? Сумарний момент інерції людини та лави 6 кг·м^2.

1.340. Людина стоїть на лаві, яка може обертатися навколо вертикальної осі, та тримає в руках стрижень, який розташований вздовж осі обертання. На кінці стрижня знаходиться колесо, яке обертається з частотою 10 об/с. Лава з людиною спочатку нерухома. З якою кутовою швидкістю почне обертатися лава, якщо людина поверне стрижень з колесом на 1800? Сумарний момент інерції лави з людиною 6 кг·м^2, радіус колеса 20 см. Маса колеса 3 кг рівномірно розподілена по ободу.

1.341. Яку роботу треба виконати, щоб змусити маховик у вигляді обруча діаметром 1,5 м масою 500 кг обертатися з частою 120 об/хв? Тертям нехтувати.

1.342. Горизонтальна платформа у вигляді однорідного диска масою 270 кг обертається по інерції з частотою 10 об/с. Людина масою 60 кг стоїть на краю платформи. Визначити частоту обертання платформи, якщо людина перейде від краю платформи в точку, що віддалена від осі обертання на половину радіуса платформи. Людину вважати матеріальною точкою.

1.343. Після вимкнення струму в обмотці двигуна вентилятора він, обертаючись рівносповільнено, до повної зупинки зробив 75 обертів за 10 с. Робота сил гальмування 44,4 Дж. Обчислити момент сил гальмування та момент інерції частин вентилятора, що обертаються.

1.344. Ротор обертається з частотою 240 об/хв. Визначити силу натягу ременя, з яким мотор зв'язаний з станком, якщо радіус шківа на валу мотора 10 см, а потужність мотора 1 кВт.

1.345. Циліндр масою 2 кг скочується з піщаного схилу, висота якого 1 м. Швидкість циліндра на вершині 4 м/с, а швидкість у підніжжя схилу 2 м/с. Визначити роботу, яку виконує циліндр на своєму шляху по подоланню сил опору.

1.346. Вал, який має масу 200 кг та радіус 10 см, обертається з частотою 5 об/с. До циліндричної поверхні вала притиснули гальмівну колодку з силою 40 Н. Через 20 с вал зупинився. Визначити коефіцієнт тертя.

1.347. Платформа, що має вигляд суцільного диска з радіусом 1,5 м і масою 180 кг, обертається по інерції навколо вертикальної осі з частотою 10 об/хв. У центрі платформи стоїть людина масою 60 кг. Яку лінійну швидкість відносно підлоги приміщення буде мати людина, якщо вона перейде на край платформи?

1.348. На верхній поверхні диска, який може обертатися навколо вертикальної осі, покладені по колу радіусом 50 см колії іграшкової залізниці. Диск має масу 10 кг та радіус 60 см. На колії нерухомого диску був поставлений заводний паровозик масою 1 кг. Паровозик почав рухатися відносно колії з швидкістю 0,8 м/с. З якою кутовою швидкістю буде обертатися диск ?

1.349. Платформа, що має вигляд диска діаметром 2 м, обертається по інерції навколо вертикальної осі з частотою 8 об/хв. На краю платформи стоїть людина, що має масу 70 кг. Коли людина переходить у центр платформи, частота збільшується до 10 об/хв. Визначити масу платформи. Людину вважати матеріальною точкою.

1.350. На краю нерухомої лави Жуковського радіусом 0,8 м і масою 6 кг стоїть людина з масою 60 кг. З якою кутовою швидкість почне обертатися лава, якщо людина спіймає м'яч масою 0,5 кг, який летів у горизонтальному напрямку на відстані 0,4 м від осі лави. Швидкість м'яча 5 м/с.

1.351. Людина стоїть на лаві Жуковського, яка може обертатися навколо вертикальної осі, та тримає в руках стрижень, який розташований вздовж осі обертання. На кінці стрижня знаходиться колесо, яке обертається з частотою 15 об/с. Лава з людиною спочатку нерухома. З якою кутовою швидкістю почне обертатися лава, якщо людина поверне стрижень з колесом на кут 1800? Сумарний момент інерції лави з людиною 8 кг·м^2, радіус колеса 25 см. Маса колеса 2,5 кг рівномірно розподілена по ободу. Вважати, що центр ваги людини з колесом знаходиться на осі лави.

1.352. На лаві Жуковського стоїть людина, що тримає в руках стержень, який розташований вертикально вздовж осі. Лава з людиною обертається з кутовою швидкістю 4 рад/с. З якою кутовою швидкістю буде обертатися лава з людиною, якщо повернути стрижень так, щоб він зайняв горизонтальне положення? Сумарний момент інерції людини та лави 5 кг·м^2. Довжина стрижня 1,8 м, його маса 6 кг. Вважати, що центр ваги людини з стрижнем знаходиться на осі лави.

1.353. Платформа, що має вигляд диска діаметром 3 м і масою 180 кг, може обертатися навколо вертикальної осі. З якою кутовою швидкістю буде обертатися ця платформа, якщо по її краю буде йти людина з швидкістю 1,8 м/с відносно платформи? Маса людини 70 кг.

1.354. Платформа, що має вигляд диска, може обертатися навколо вертикальної осі. На краю платформи стоїть людина. На який кут повернеться платформа, якщо людина пройде по краю платформи повне коло? Маса платформи 280 кг, людини – 80 кг. Людину вважати матеріальною точкою.

1.355. Кулька масою 60 г, що прив'язана до нитки довжиною 1,2 м, обертається без тертя з частотою 2 об/с по поверхні горизонтальної площини. Нитку скорочують, наближаючи кульку до осі обертання на відстань 0,6 м. З якою частотою буде при цьому обертатися кулька? Яку роботу виконують зовнішні сили, при скороченні нитки?

1.356. По дотичній до шківа маховика, що має вигляд диска діаметром 75 см і масою 40 кг, прикладена сила 1 кН. Визначити кутове прискорення та частоту обертання маховика через 10 с після початку дії сили, якщо радіус шківа 12 см. Тертям нехтувати.

1.357. На цвях, який вбитий у стінку перпендикулярно до неї, діє сила в 200 Н під кутом 30° до стінки. Знайти величину складових цієї сили, одна з яких виймає цвях, а друга його згинає.

1.358. Знайти сили, які діють на стрижні *AB* і *BC* (рис. 1.4), до яких підвішений ліхтар, якщо кут при вершині *B* дорівнює 60°, а маса ліхтаря 3 кг.

1.359. До кінця стрижня *AC* (рис. 1.5) довжиною 2 м, що закріплений шарнірно одним кінцем до стінки, а з іншого кінця підтримується тросом *BC* довжиною 2,5 м, підвішений вантаж масою 120 кг. Знайти сили, які діють на трос і стрижень.

1.360. Ліхтар для освітлення будівельного майданчика підвішений до кронштейна (рис. 1.5). Знайти силу, яка діє на трос *BC*, за величиною та напрямком, якщо кронштейн *AC* зазнає стиснення з силою 48 Н, а маса світильника дорівнює 5 кг.

1.361. Електрична лампа (рис. 1.6) підвішена на шнурі і відтягнута горизонтальною відтяжкою. Знайти силу натягу шнура *AB* і відтяжки *BC,* якщо маса лампи 1 кг, а кут у вершині *B* дорівнює 120°.

1.362. Знайти момент сили тяжіння лампи (рис.1.4) відносно точок *A*, *C* і *B*, якщо $|CB| = 1$ м, кут у вершині *C* дорівнює 60° і маса лампи 4 кг.

1.363. Маленька кулька масою *m* підвішена на нитці довжиною *l* і відхилена на кут α від вертикалі. Виразити залежність моменту сили тяжіння відносно точки підвісу від кута α. Знайти значення M, якщо маса кульки 50 г, довжина нитки 0,8 м, а кут – 45°.

1.364. Колода довжиною 12 м знаходиться в рівновазі в горизонтальному положенні, якщо її підперти відстані 3 м від товстого кінця. Якщо колоду підперти на відстані 6 м від товстого кінця, а на тонкий кінець сяде будівельник масою 60 кг, то колода буде знову зрівноважена. Знайти масу колоди.

1.365. До балки масою 200 кг і довжиною 5 м підвішений вантаж масою 250 кг на відстані 3 м від одного із кінців. Балка лежить на опорах, що розташовані на кінцях балки. Знайти сили тиску на кожну з опор.

1.366. До кінців стрижня масою 10 кг і довжиною 40 см підвішені вантажі масою 40 кг та 10 кг. Як потрібно закріпити стрижень, щоб його зрівноважити?

1.367. Труба масою 2,1 т має довжину 16 м. Вона лежить на двох підкладках, розташованих на відстані 4 м та 2 м від її кінців. Яку мінімальну силу по черзі потрібно прикласти до кожного з кінців труби, щоб підняти її за той чи інший кінець?

1.368. Знайти величини сил, які діють на підшипники A і B (рис. 1.7), якщо маса вала 10 кг, маса шківа 20 кг, а $|AB| = 1$ м, $|BC| = 0{,}4$ м?

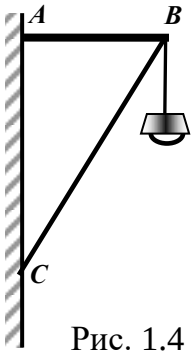


Рис. 1.4

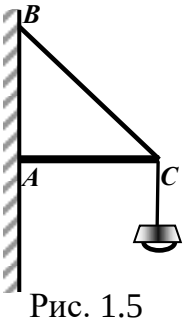


Рис. 1.5

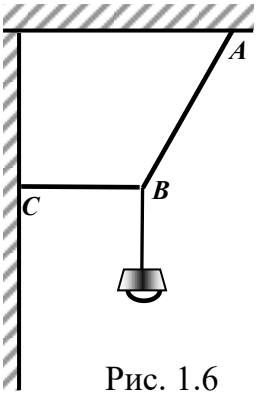


Рис. 1.6

1.369. Знайти величини сил тиску вала на підшипники A і B (рис. 1.8), якщо маса вала 7 кг, маса шківа 28 кг, $|AB| = 70$ см, $|BC| = 10$ см?

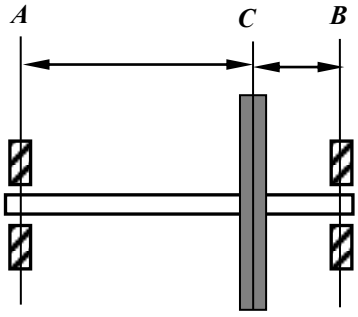


Рис. 1.7

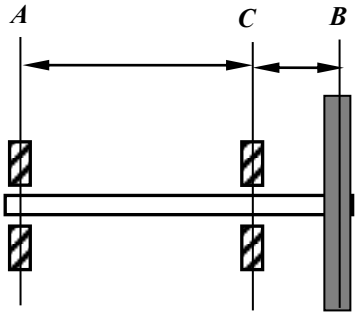


Рис. 1.8

1.370. Будівельник тримає за один кінець дошку, маса якої 40 кг так, що дошка утворює кут 30° з горизонтальним напрямком (рис. 1.9). Яку силу треба прикласти будівельнику до дошки в цьому положенні, якщо сила прикладена перпендикулярно до дошки?

1.371. Стрижень *AO* довжиною 60 см (рис. 1.10) і масою 0,4 кг закріплений шарнірно в точці *O* та підтримується ниткою *AD*. Нитка утворює зі стрижнем кут 45°. У точці *B* (|*AB*| = 20 см) підвішений вантаж масою 0,6 кг. Знайти силу натягу нитки і силу реакції в точці *O*.

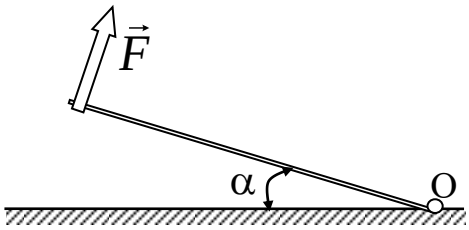


Рис. 1.9

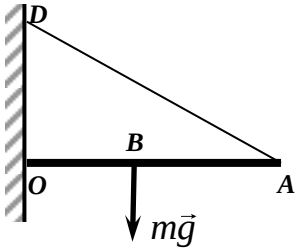


Рис. 1.10

1.372. Стрижень довжиною 1 м та масою 1,5 кг одним кінцем шарнірно прикріплений до стелі. Стрижень утримується вертикальним шнуром, прив'язаним до вільного кінця стрижня. Знайти натяг шнура, якщо центр тяжіння стрижня знаходиться на відстані 0,4 м від шарніра.

1.373. Драбина приставлена до рівної гладкої стіни. Коефіцієнт тертя між драбиною і підлогою дорівнює 0,4. Визначити найбільший кут між стіною і драбиною, при якому драбина не буде ковзати.

1.374. Однорідна балка лежить на нерухомій платформі так, що один її кінець виходить поза межі платформи. Довжина частини балки, яка знаходиться поза платформою дорівнює четвертині всієї довжини. До кінця цієї частини балки прикладають силу, яка напрямлена донизу. У момент, коли ця сила дорівнюватиме 2 кН, протилежний кінець балки починає підійматись. Знайти масу балки.

1.375. Балка перекриття заводської будівлі вагою 10 кН лежить на двох стінах, відстань між якими 10 м. Визначити вагу верстата, який стоїть на балці на відстані 2 м від однієї стінки, якщо балка давить на неї з силою 20 кН. Довжина верстата 2 м.

1.376. Запобіжний клапан парового котла (рис. 1.11) має відкриватися при тиску пари 5 МПа. Площа отвору, яку закриває клапан, дорівнює 5 см^2. На якій відстані від осі обертання потрібно розмістити вантаж масою 5 кг, якщо горизонтальний стрижень має масу 3 кг і довжину 80 см, а відстань до клапана дорівнює 0,25 *l*?

1.377. До планки, яка обертається навколо осі *O*, що проходить через її середину, підвішені два тіла, що занурені у воду (рис. 1.12). Густина першого тіла в 9 раз більше густини води; а густина другого в 3 рази більше густини води, відстань |*OA*| дорівнює 9 см. На які відстані потрібно підвісити друге тіло, щоб система була зрівноважена, якщо тіла мають однакові об'єми? Якщо тіла мають однакові маси?

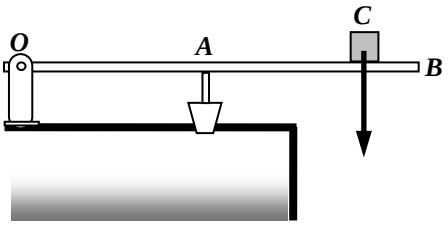


Рис. 1.11

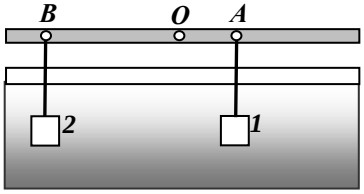


Рис. 1.12

1.378. Циліндр двигуна внутрішнього згоряння має внутрішній діаметр 0,16 м. Кількість болтів, які закріплюють кришку циліндра 8. При згорянні палива розвивається тиск 6 МПа. Яким повинмаєен бути діаметр болтів, щоб забезпечити десятикратний запас міцності? Допустиме напруження в сталі – 150 МПа.

1.379. На похилій площині з кутом нахилу 30° знаходиться однорідний брусок, висота якого 25 см. На якій відстані від центра тяжіння проходить сила реакції опори?

1.380. Два однорідні кулі з однаковими радіусами скріплені в точці дотику. Маса однієї кулі в два рази більше маси другої кулі. Визначити положення центра тяжіння системи.

1.381. Дві однорідні кулі масами 10 кг та 12 кг з радіусами 4 см і 6 см з'єднані однорідним стрижнем масою 2 кг і довжиною 10 см. Центри куль знаходяться на продовженні осі стрижня. Знайти положення центра тяжіння цієї системи.

1.382. Цеглина, розміри якої 28×14×7 см, може займати три різні положення. Визначити тиск, силу тертя і відстань від площі опори до центра ваги в усіх положеннях, якщо густина цеглини 2700 кг/м^3 і коефіцієнт тертя з поверхнею 0,4. В якому положенні цеглина найстійкіша? Пояснити чому.

1.383. Для випробування міцності цеглину з ребрами 28 см, 14 см і висотою 7 см поклали на велику платформу гідравлічного преса. Відношення діаметрів поршнів 1:10. Відношення плечей важеля, які натискують на малий поршень, дорівнює 1:3. Границя міцності цегли 5 МПа. Яку силу потрібно прикласти до довшого плеча важеля, щоб прес роздавив цеглину?

1.384. До верхнього кінця залізобетонної колони висотою 10 м прикладена вертикально сила $4 \cdot 10^3$ МН. Знайти деформацію колони, якщо площа поперечного перерізу її, заповнена бетоном, дорівнює 0,09 м^2, а площа, зайнята сталевою арматурою, дорівнює 0,01 площі поперечного перерізу бетону. Модуль пружності сталі дорівнює 200 ГПА, модуль пружності бетону становить 10 % модуля пружності сталі. Вагою колони знехтувати.

1.385. При відсипанні дамби насипаний ґрунт утворює кут 60° від горизонту. Визначити коефіцієнт тертя між частинками ґрунту.

1.386. Будівельний кран С-391 Прилуцького заводу будівельних машин при максимальному вильоті стріли 10 м піднімає вантаж 5 кН. Під яким кутом до горизонту потрібно встановити стрілу, щоб можна було піднімати вантаж 15 кН при тій самій стійкості крана?

1.387. Для закінчення будівництва семиповерхового будинку баштовий кран СКВ-1 для підняття будівельних вантажів переобладнують. Стріла крана довжиною 20 м, яка спочатку утримувалась горизонтально з допомогою тросів, що утворювали з нею кут 30°, встановлюється під кутом 45° до горизонту. Визначити сили, які діють на стрілу й утримують троси, якщо кран піднімає вантаж масою 10 т.

1.388. Залізобетонну горизонтальну плиту масою 12 т піднімають краном за допомогою чотирьох строп довжиною 1,5 м кожна. Кінці строп розташовані у вершинах квадрата зі стороною 1,25 м . Знайти силу натягу кожного стропа.

1.389. Визначити найбільшу висоту будинку, який можна збудувати з цегли, якщо границя міцності цегли на стиск дорівнює 10 МПа, а густина цегли становить $2{,}8 \cdot 10^3$ кг/м^3.

1.390. При забиванні дерев’яних паль копром у ґрунт у палі виникають напруги, які досягають найбільшого значення при наявності деякої перешкоди для палі (наприклад, коли паля, пересуваючись у м’якому ґрунті, натикається на кам’яну породу). Визначити найбільше навантаження, що може виникнути в палі за таких умов: маса бойка копра 180 кг, діаметр палі 26 см, довжина палі 6 м, бойок падає з висота 145 см.

1.391. Одна половина циліндричного стрижня є залізною, а друга – алюмінієвою. Визначити положення центра тяжіння стрижня, якщо його довжина дорівнює 30 см.

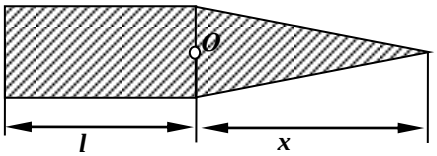


Рис. 1.13

1.392. У скільки разів висота ***x*** трикутної частини однорідної пластини (рис. 1.13) має бути більшою за довжину прямокутної частини *l*, щоб центр тяжіння всієї пластини знаходився у точці *O*?

1.393. Визначити положення центра мас рамки, яка зроблена із дротин однакового поперечного перерізу у формі рівностороннього трикутника. Дві сторони трикутника зроблені з алюмінію, а третя – з міді. Сторона трикутника дорівнює 1 м.

1.394. Циліндричний каток необхідно підняти на сходинку висотою 20 см (рис. 1.14). Визначити найменшу силу, яку потрібно прикласти до центра катка в горизонтальному напрямку, якщо каток має радіус 0,8 м, а маса катка 40 кг.

1.395. Визначити центр тяжіння однорідного диска радіуса 0,5 м, з якого вирізаний отвір радіусом 0,25 м (рис. 1.15). Центр тяжіння отвору знаходиться на відстані, рівної половині радіуса диска.

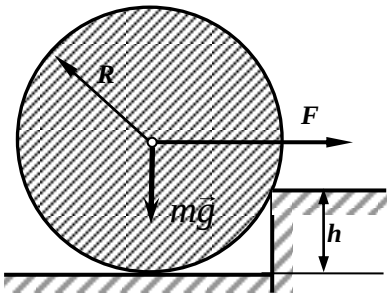


Рис. 1.14

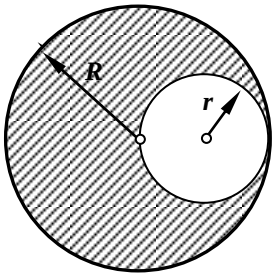


Рис. 1.15

1.396. На двох паралельних вертикально розташованих пружинах однакової довжини горизонтально підвішений стрижень, масою якого можна знехтувати. Коефіцієнти пружності пружин відповідно дорівнюють 0,02 Н/м та 0,03 Н/м. Відстань між пружинами дорівнює 1 м. Де потрібно підвісити вантаж, щоб стрижень залишався в горизонтальному положенні?

1.397. Знайти швидкість течії по трубі вуглекислого газу, якщо відомо, що за півгодини через поперечний переріз труби протікає 0,51 кг газу. Густину газу дорівнює 7,5 кг/м^3. Діаметр труби дорівнює 2 см.

1.398. На дні циліндричної посудини є круглий отвір діаметром 1 см. Діаметр посудини 0,5 м. Знайти залежність швидкості зниження рівня води в посудині від висоти цього рівня. Знайти числове значення цієї швидкості для висоти 0,2 м.

1.399. На столі стоїть посудина з водою, в боковій поверхні якої є малий отвір, який розташований на відстані h_1 від дна посудини і на відстані h_2 від рівня води. Рівень води в посудині підтримується сталим. На якій відстані від отвору (по горизонталі) струмина води падає на стіл? Задачу розв'язати для випадків: 1) h_1 =25 см та h_2=16см; 2) h_1 =16 см та h_2=25 см;

1.400. Циліндричний бак висотою 1 м наповнений до країв водою. 1) За який час вся вода витече через отвір, який розташований біля дна бака? Площа поперечного перерізу отвору в 400 разів менша площі поперечного перерізу бака. 2) Порівняти цей час з тим, який знадобився б для витікання такої самої кількості води, якби рівень води в баці підтримувався постійним висотою 1 м над отвором.

1.401. У посудину тече вода, причому за 1 с наливається 0,2 л води. Який має бути діаметр отвору в дні посудини, щоб вода в ньому трималась на сталому рівні, що дорівнює 8,3 см?

1.402. Який тиск створює компресор у фарбопульті, якщо струмина рідкої фарби витікає з нього з швидкістю 25 м/с? Густина фарби 0,8 г/см^3.

1.403. Кулька спливає зі сталою швидкістю в рідині, що має густину в 4 рази більшу за густину матеріалу кульки. У скільки разів сила тертя, що діє на кульку, більша за силу тяжіння?

1.404. Якої найбільшої швидкості може набувати дощова крапля діаметром 0,3 мм, якщо динамічна в'язкість повітря дорівнює $1{,}2\cdot10^{-5}$ кг/м·с?

1.405. Стальна кулька діаметром 1 мм падає з сталою швидкістю 0,185 см/с у великій посудині, наповненій касторовим маслом. Знайти динамічну в'язкість касторового масла.

1.406. Суміш свинцевих дробинок діаметром 3 мм і 1 мм опустили в бак з гліцерином глибиною 1 м. На скільки пізніше впадуть на дно дробинки меншого діаметра в порівнянні з дробинками більшого діаметра? Динамічна в’язкість при температурі досліду – 14,7 г/см·с.

1.407. Пробкова кулька радіусом 5 мм спливає в посудині наповненій касторовим маслом. Чому дорівнює динамічна та кінематична в'язкості касторового масла в умовах досліду, якщо кулька спливає з сталою швидкістю 3,5 с?

1.408. У бічну поверхню циліндричної посудини радіусом 2 см вставлений горизонтальний капіляр із внутрішнім радіусом 1 мм і довжиною 2 см. У посудину налито касторове масло, динамічна в'язкість якого дорівнює 12 г/см·с. Знайти залежність швидкості зниження рівня касторового масла в циліндричній посудини від висоти цього рівня над капіляром. Знайти числове значення цієї швидкості для висоти 26 см.

1.409. У бічну поверхню посудини вставлений горизонтальний капіляр із внутрішнім радіусом 1 мм і довжиною 1,5 см. Е посудину налитий гліцерин, динамічна в'язкість якого в умовах досліду дорівнює 1,0 Па·с. Рівень гліцерину в посудині підтримується сталим на висоті 0,18 м вище капіляра. Скільки часу знадобиться на те, щоб із капіляра витекло 5 см^3 гліцерину?

1.410. На столі стоїть посудина, в бічну поверхню якої вставлений горизонтальний капіляр на висоті 5 см від дна. Внутрішній радіус капіляра 1 мм, довжина 1 см. У посудину налито машинне масло, що має густину 900 кг/м^3 і динамічну в'язкість 0,5 Па·с. Рівень масла в посудині підтримується на висоті 50 см вище капіляра. Знайти, на якій відстані від кінця капіляра (по горизонталі) струмина масла падає на стіл.

1.411. Стальна кулька падає в широкій посудині, наповненій трансформаторним маслом , яке має густину 900 кг/м^3 та динамічну в'язкість 0,8 Па·с. Вважаючи, що закон Стокса має місце при $Re \leq 0{,}5$ (якщо при обчисленні Re в якості величини D узяти діаметр кульки), знайти значення діаметра кульки.

1.412. Вважаючи, що ламінарна течія рідини в циліндричній трубі зберігається при $Re \leq 3000$, показати, що умова задачі 1 відповідає ламінарній течії. Кінематична в'язкість дорівнює $1{,}33 \cdot 10^{-6}$ м^2/с.

1.413. Перший в світі космонавт Ю.А.Гагарін на кораблі-супутнику «Восток 1» рухався по орбіті, яка мала середню відстань від поверхні Землі 251 км. Вважаючи орбіту коловою, визначити швидкість супутника на орбіті та період його обертання навколо Землі.

1.414. Перший в світі штучний супутник Землі, який був запущений в СРСР 4 жовтня 1957 р., рухався по орбіті, яка мала середню відстань 588 км від поверхні Землі. Визначити швидкість і кінетичну енергію супутника на орбіті. Маса супутника 84 кг. Орбіту вважати коловою.

1.415. Яку середню лінійну швидкість мав на орбіті корабель-супутник «Восток 2», якщо період його обертання навколо Землі 88,6 хв ? Орбіту вважати коловою.

1.416. Супутник запущений в площині екватора так, що весь час знаходився над однією і тією ж точкою екватора. Визначити радіус орбіти супутника, висоту над поверхнею Землі, орбітальну швидкість супутника.

1.417. Визначити період обертання та орбітальну швидкість штучного супутника, який рухається навколо Місяця на висоті 200 км від його поверхні по коловій орбіті. Маса Місяця $7{,}8 \cdot 10^{22}$ кг, радіус $1{,}7 \cdot 10^{6}$ м.

1.418. На якій висоті над поверхнею Землі прискорення вільного падіння складає $0{,}5g$?

1.419. Вважаючи, що Земля рухається навколо Сонця по коловій орбіті, визначити масу Сонця та прискорення сили тяжіння на поверхні Сонця, якщо його радіус 6,95·108 м. Середня відстань від Землі до Сонця $1{,}5 \cdot 10^{11}$м.

1.420. З якою лінійною швидкістю буде рухатися штучний супутник Землі по коловій орбіті на висоті над поверхнею Землі 200 км? 7000 км ?

1.421. Який період обертання штучного супутника Землі, що рухається по коловій орбіті на висоті над поверхнею Землі 200 км? 7000 км?

1.422. Визначити потенціальну енергію ракети, що має масу 100 кг, на поверхні Землі та при віддаленні її на відстань 4680 км від Землі. Чому при цьому дорівнює зміна енергії ракети ?

1.423. Ракета, що запущена вертикально вгору, піднялася на висоту 1800 км. Знаючи прискорення вільного падіння поблизу Землі та радіус Землі 6400 км, визначити, з яким прискоренням ракета почне падати на Землю.

1.424. Визначити напруженість гравітаційного поля на висоті 1000 км над поверхнею Землі.

1.425. Яка робота буде виконана силами гравітації при падінні на Землю тіла масою 2 кг з висоти 1000 км ? З нескінченності ?

1.426. Із нескінченності на поверхню Землі падає метеорит масою 30 кг. Яка робота при цьому буде виконана силами тяжіння Землі ?

1.427. З поверхні Землі вертикально вгору запущена ракета з швидкістю 5 м/с. На яку висоту вона підніметься?

1.428. По коловій орбіті навколо Землі обертається супутник з періодом 65 хв. Визначити відстань від поверхні Землі до супутника.

1.429. На якій відстані від центра Землі знаходиться точка, в якій напруженість сумарного гравітаційного поля Землі та Місяця дорівнює нулеві ? Вважати, що маса Землі в 81 раз більша за масу Місяця та , що відстань від центра Землі до центра Місяця складає 60 радіусів Землі.

1.430. Супутник обертається навколо Землі по коловій орбіті на висоті 520 км. Визначити період обертання супутника.

1.431. Визначити лінійну та кутову швидкості супутника Землі, який обертається по коловій орбіті на висоті 1000 км.

1.432. Ракета встановлена на поверхні Землі для запуску у вертикальному напрямку. При якій мінімальній швидкості, що нададуть ракеті при запуску, вона віддалиться від поверхні на відстань, яка дорівнює радіусу Землі. Усіма силами, крім сили гравітаційної взаємодії між ракетою та Землею, нехтувати.

1.433. Штучний супутник обертається навколо Землі по коловій орбіті на висоті 3200 км над поверхнею Землі. Визначити лінійну швидкість супутника.

1.434. Визначити масу та середню густину речовини Місяця, якщо прискорення вільного падіння на її поверхні приблизно дорівнює 1,6 м/с^2. Радіус Місяця $1{,}73 \cdot 10^6$м.

1.435. Період обертання супутника по коловій орбіті навколо Землі 240 хв. Маса супутника 1,2 т. Визначити висоту орбіти над поверхнею Землі та кінетичну енергію супутника.

1.436. У даній точці поля тяжіння на матеріальну точку, що має масу 1 кг, діє сила тяжіння 9,8 Н. Визначити напруженість гравітаційного поля в цій точці.

1.437. Визначити силу тяжіння, що діє на тіло масою 1 т на висоті 20 км над полюсом Землі. Вважати, що прискорення вільного падіння 9,83 м/с^2, радіус Землі – 6370 км.

1.438. Обчислити масу вантажу, який зміг би чоловік підняти на поверхні Місяця, якщо на поверхні Землі він може підняти вантаж масою 60 кг. Вважати, що радіус Землі більший за радіус Місяця в 3,7 рази та маса Землі більша за масу Місяця в 81 раз. Чому дорівнює прискорення вільного падіння на Місяці?

1.439. На яку максимальну висоту змогло би піднятися тіло, якщо його кинуто вертикально вверх на Марсі, якщо на Землі при тій самій швидкості кидка воно піднялося би на висоту 10 м. Співвідношення між радіусами та масами Марса та Землі мають вигляд: $R_М$=0,53$R_З$, $M_М$=0,11$M_З$.

1.440. Знайти силу притягання між двома протонами, що знаходяться на відстані 10^{-10} м. один від одного. Протони вважати точковими масами.

1.441. Дві мідні кульки, що мають діаметри 4 см та 6 см, дотикаються одна до одної. Знайти потенціальну енергію гравітаційної взаємодії цієї системи.

1.442. Обчислити гравітаційну сталу, якщо відомо радіус Землі, середню густину Землі та прискорення вільного падіння поблизу поверхні Землі.

1.443. Космічна ракета летить на Місяць. В якій точці прямої, що з'єднує центри Землі та Місяця, ракета буде притягуватися до Землі та Місяця з однаковою силою?

1.444. Порівняти прискорення вільного падіння на поверхні Місяця з тією ж величиною на поверхні Землі.

1.445. Обчислити першу космічну швидкість, тобто таку швидкість, яку треба надати тілу поблизу поверхні Землі в горизонтальному напрямку, щоб воно почало рухатися навколо Землі по коловій орбіті як її супутник.

1.446. Обчислити другу космічну швидкість, тобто таку швидкість, яку треба надати тілу поблизу поверхні Землі, щоб воно подолало земне притягання і назавжди віддалилося від Землі.

1.447. Знайти лінійну швидкість руху Землі по орбіті. Орбіту Землі вважати коловою.

1.448. З якою лінійною швидкістю буде рухатися штучний супутник Землі по коловій орбіті на висоті 200 км? 7000 км? Знайти періоди обертання навколо Землі штучного супутника при цих умовах.

1.449. Знайти доцентрове прискорення, з яким штучний супутник Землі, що знаходиться на висоті 200 км , обертається по коловій орбіті.

1.450. Радіус орбіти Нептуна в 30 разів більше радіуса орбіти Землі. Яка тривалість року на Нептуні?

1.451. Планета Марс має два супутники – Фобос і Деймос. Першій знаходиться на відстані 9500 км від центра Марса, другий – на відстані 24000 км. Знайти періоди обертання цих супутників навколо Марсу.

1.452. Штучний супутник Землі рухається по коловій орбіті в площині екватора з заходу на схід. На якій відстані від поверхні Землі має знаходитися цей супутник, щоб він був нерухомим по відношенню до спостерігача, що знаходиться на Землі?

1.453. Штучний супутник Місяця рухається по коловій орбіті на відстані 20 км від поверхні Місяця. Знайти лінійну швидкість руху цього супутника, а також період його обертання навколо Місяця.

1.454. Обчислити першу та другу космічні швидкості для Місяця (див. задачі 1.445 та 1.446).

1.455. На якій відстані від Землі прискорення вільного падіння дорівнює 2 м/с^2.

1.456. У скільки разів кінетична енергія штучного супутника Землі, що рухається по коловій орбіті, менша його потенціальної енергії гравітаційної взаємодії?

1.457. Знайти зміну прискорення вільного падіння при опускання тіла на глибину h. На якій глибині ця величина складає 25% прискорення вільного падіння на поверхні Землі? Густину Землі вважати сталою. Вказівки. Врахувати, що тіло, яке знаходиться на глибині під поверхнею Землі, не зазнає з боку вище розташованих шарів ніякого притягання, так як притягання від окремих частин шару взаємно компенсуються. (Вважати застосовною теорему Гаусса-Остроградського до гравітаційної взаємодії).

1.458. Яку кінетичну енергію треба надати тілу, що має масу 4 т, на полюсі Землі, щоб воно піднялося вертикально вверх на висоту 6370 км ? Яку швидкість треба надати цьому тілу? Опором повітря нехтувати.

1.459. Визначити прискорення вільного падіння на висоті, що дорівнює радіусу Землі, якщо на Землі прискорення вільного падіння 9,8 м/с^2.

1.460. На якій висоті над поверхнею Землі сила тяжіння тіл зменшиться в 5 разів?

1.461. Визначити густину кулеподібної планети, якщо вага тіла на полюсі в 2 рази більше, ніж на екваторі. Період обертання планети навколо власної осі – 2 год. 40 хв.

1.462. Знайти кутову та лінійну швидкості орбітального руху штучного супутника Землі, якщо його період обертання навколо Землі 4 години.

1.463. Протон пролітає відстань $1{,}5 \cdot 10^8$ км між Сонцем і Землею з швидкістю, що дорівнює 0,8 швидкості світла. Якою є ця відстань у системі відліку, яка зв'язана з протоном?

1.464. Який час потрібен протону для проходження відстані $1{,}5 \cdot 10^8$ км з швидкістю, що дорівнює 0,8 швидкості світла, в системах відліку, що пов'язані з Землею та протоном?

1.465. Дві частинки, які рухаються одна за одною з швидкістю, що дорівнює 0,8 швидкості світла, падають на мішень з інтервалом часу 10^{-7} с. Знайти відстань між частинками в лабораторній системі координат, яка зв'язана з Землею, та в системі координат, яка зв'язана з частинками.

1.466. Два тіла з однаковою власною довжиною 1 м рухаються вздовж осі X назустріч одне одному з однаковими швидкостями, що дорівнюють 0,6 швидкості світла. Яка довжина кожного з тіл у системі відліку, що зв'язана з іншим тілом?

1.467. Ракета рухається відносно нерухомого спостерігача з швидкістю, що дорівнює 0,99 швидкості світла. Який час мине на годиннику нерухомого спостерігача, якщо на годиннику, який рухається разом з ракетою, минув один рік ?

1.468. Скориставшись умовою попередньої задачі визначити, як зміняться розміри тіл у ракеті (в напрямку її руху) для нерухомого спостерігача, а також як для цього спостерігача зміниться густина речовини в ракеті?

1.469. Дві ракети рухаються назустріч одна одній з швидкостями, що дорівнюють 3/4 швидкості світла, відносно нерухомого спостерігача. Визначити швидкість зближення ракет за класичною та релятивістською формулами додавання швидкостей.

1.470. Власна довжина стрижня 1 м. Визначити його довжину для спостерігача, відносно якого стрижень рухається з швидкістю, що дорівнює 4/5 швидкості світла в напрямку вздовж стрижня.

1.471. При якій швидкості руху релятивістське скорочення довжини рухомого тіла складає 25% ? 1 % ?

1.472. Який час мине на Землі, якщо в ракеті, яка рухається відносно Землі з швидкістю, що дорівнює 0,98 швидкості світла, мине 10 років ?

1.473. Літак рухається зі швидкістю 800 км/год назустріч нерухомому джерелу світла. З якою швидкістю літак зближається з фотонами?

1.474. Дві ракети рухаються рівномірно та прямолінійно паралельними курсами в одному напрямку з однаковою швидкістю, що дорівнює 0,6 швидкості світла, відносно Землі. У першій ракеті відбуваються дві послідовні події через 8 годин. Який час пройшов між цими подіями за годинником спостерігача, який знаходився в іншій ракеті? За годинником спостерігача, який знаходився на Землі?

1.475. Мю-мезони (мюони) космічних променів зароджуються у верхніх шарах атмосфери. При швидкості, що дорівнює 0,995 швидкості світла, вони встигають пролетіти до розпаду відстань 6 км. Визначити час життя мюона для спостерігача на Землі та власний час життя мюона, а також довжину шляху, що пройшов мюон до розпаду в його системі відліку.

1.476. Який час мине за годинником, який знаходиться в ракеті, що рухається рівномірно та прямолінійно, якщо за годинником, який покоїться в інерціальній системі відліку, відносно якої рухається ракета, минула одна година? Швидкість ракети 3000 км/год; 100000 км/год; 250000 км/год.

1.477. Скільки часу для земного спостерігача та космонавта займе космічний політ до зірки та в зворотний бік на ракеті, яка летить зі швидкістю, що дорівнює 0,99 швидкості світла? Відстань (для земного спостерігача) до зірки дорівнює 40 світлових років.

1.478. Мюон, який народжується у верхніх прошарках атмосфери, пролітає до розпаду відстань 5 км. Визначити, з якою швидкістю він летить, якщо його власний час життя складає $2{,}21 \cdot 10^{-6}$с.

1.479. Власний час життя мюона $2{,}21 \cdot 10^{-6}$с. Визначити, чи прилітають мюони, що спостерігаються поблизу поверхні Землі, з космічного простору, чи народжуються в земній атмосфері. Мюони відносно Землі мають швидкість, що дорівнює 0,99 швидкості світла.

1.480. При якій відносній швидкості руху релятивістське скорочення довжини рухомого тіла складає 25 %?

1.481. Яку швидкість матиме рухоме тіло, якщо його повздовжні розміри зменшилися в 2 рази?

1.482. Мезони космічних променів досягають поверхні Землі з різними швидкостями. Знайти релятивістське скорочення розмірів мезонів, які мають швидкість, що дорівнює 0,95 швидкості світла.

1.483. У скільки разів збільшується тривалість життя нестабільної частинки (за годинником нерухомого спостерігача) , якщо вона починає рухатися зі швидкістю, що дорівнює 0,99 швидкості світла?

1.484. Мезон, який входить до складу космічних променів, рухається з швидкістю, що дорівнює 0,95 швидкості світла. Який проміжок часу за годинником земного спостерігача відповідає 1 с власного часу мезона?

1.485. Електрон рухається зі швидкістю, що дорівнює 0,8 швидкості світла. Визначити повну та кінетичну енергію електрона.

1.486. Два тіла рухаються назустріч одне одному з швидкостями $2 \cdot 10^5$ км/год відносно нерухомого спостерігача. На скільки відрізняються швидкості їх руху відносно одне одного, обчислені за класичною та релятивістською формулами додавання швидкостей ?

1.487. Два електрона рухаються вздовж однієї прямої з швидкостями, що дорівнюють 0,9 та 0,8 швидкості світла, відносно нерухомого спостерігача. Яка відносна швидкість електронів при їхньому русі в одному напрямку? При русі в протилежних напрямках?

1.488. З якою швидкістю наближаються два фотона, якщо кожний з них відносно нерухомого спостерігача рухається зі швидкістю світла? Яка буде відповідь за класичною формулою додавання швидкостей?

1.489. Знайти відносне релятивістське скорочення протона, який рухається зі швидкістю, що дорівнює 0,98 швидкості світла.

1.490. З якою швидкістю рухається тіло, якщо його повздовжні розміри зменшилися в 3 рази?

1.491. Який проміжок часу за годинником земного спостерігача відповідає 3 с власного часу частинки, що рухається зі швидкістю $2{,}5 \cdot 10^5$ км/с?

1.492. Релятивістське скорочення довжини рухомої частинки складає 30 %. З якою відносною швидкістю рухається частинка?

1.493. Починаючи з якої швидкості стає помітним скорочення лінійних розмірів рухомих частинок, які можуть бути виміряні з точністю до 5 % ?

1.494. Внаслідок спонтанних перетворень число мезонів зменшується вдвічі за $1{,}8 \cdot 10^{-8}$с, якщо швидкість мезонів дорівнює нулеві. За який час розпадається половина мезонів, якщо їхня швидкість дорівнює 0,6 швидкості світла? Який шлях вони встигають пройти за цей час ?

1.495. При якій швидкості маса рухомої частинки в 3 рази більша її маси спокою?

1.496. Визначити швидкість електрона, що має кінетичну енергію 1,53 МеВ.

1.497. Електрон рухається з швидкістю, що дорівнює 0,6 швидкості світла. Визначити імпульс електрона.

1.498. Визначити імпульс електрона, що має кінетичну енергію 5 МеВ.

1.499. Визначити імпульс і кінетичну енергію електрона, який рухається зі швидкістю, що дорівнює 0,9 швидкості світла.

1.500. Частинка рухається з швидкістю, що дорівнює 1/3 швидкості світла. Яку долю порівняно з енергії спокою складає кінетична енергія частинки?

1.501. Протон з кінетичною енергією 3 ГеВ при гальмуванні втрачає третю частину цієї енергії. Визначити, в скільки разів змінився імпульс частинки.

1.502. При якій швидкості (в долях швидкості світла) маса частинки в 3 рази більша її маси спокою?

1.503. Протон має імпульс 469 МеВ/с. Яку кінетичну енергію необхідно додатково надати протону, щоб його імпульс збільшився в 2 рази ?

1.504. У скільки разів маса електрона, що має кінетичну енергію 1,53 МеВ, більша маси спокою?

1.505. Яку швидкість (в долях швидкості світла) треба надати частинці, щоб її кінетична енергія дорівнювала би подвійному значенню енергії спокою?

1.506. Частинка рухається зі швидкістю, що дорівнює 3/4 швидкості світла, відносно нерухомого спостерігача. У скільки разів маса цієї частинки більша її маси спокою?

1.507. Тіло масою 1 кг рухається зі швидкістю $2 \cdot 10^5$ км/с. Визначити масу цього тіла для нерухомого спостерігача.

1.508. З якою швидкістю рухається тіло, маса якого для нерухомого спостерігача дорівнює 4 кг , якщо його маса спокою 2,4 кг.

1.509. Який імпульс має електрон, якщо його швидкість дорівнює 4/5 швидкості світла.

1.510. При якій швидкості кінетична енергія частинки дорівнює її енергії спокою?

1.511. Прискорювач розганяє протони до кінетичної енергії $7 \cdot 10^{10}$ еВ. З якою швидкістю рухаються протони? У скільки разів збільшується їхня маса?

1.512. Маса рухомого електрона в 11 разів більша його маси спокою. Визначити кінетичну енергію електрона та його імпульс.

1.513. Яка енергія виділялася би при повному перетворенні речовини масою 1 г у випромінювання?

1.514. Яка зміна маси відповідає енергії, що виробляється за 1 годину електростанцією з потужністю $2{,}5 \cdot 10^3$МВт ?

1.515. До якої енергії можна прискорити частинки в циклотроні, якщо відносне збільшення маси частинки має не перевищувати 5 % ? Задачу розв'язати для електрона, протона, дейтрона.

1.516. Знайти швидкість мезона, якщо його повна енергія в 10 разів більша енергії спокою.

1.517. Електрон, який вилітає з циклотрона, має кінетичну енергію 0,67 МеВ. Яку долю від швидкості світла складає швидкість електрона?

1.518. Визначити імпульс електрона, що рухається зі швидкістю, яка дорівнює 0,95 швидкості світла.

Додаток

ДОВІДКОВІ ТАБЛИЦІ

Основні одиниці Міжнародної системи (СІ)

Довжина	Маса	Час	Сила електричного струму	Термодинамічна температура	Кількість речовини	Сила світла
Метр, м	**Кілограм, кг**	**Секунда, с**	**Ампер, А**	**Кельвін, К**	**Моль, моль**	**Кандела, Кд**

Основні фізичні сталі

Назва фізичної сталої	Позначення	Числове значення
Гравітаційна стала	γ	$6{,}672\cdot10^{-11}$ м^3/(кг·с^2)
Число Авогадро	N_A	$6{,}025\cdot10^{23}$ моль$^{-1}$
Універсальна газова стала	R	8,314· Дж/(моль·К)
Стала Больцмана	k	$1{,}38\cdot10^{-23}$ Дж/К
Число Фарадея	F	$9{,}65\cdot10^{4}$ Кл/моль
Стала Стефана – Больцмана	σ	$5{,}67\cdot10^{-8}$ Вт/(м^2·К^4)
Стала Віна	b	$2{,}90\cdot10^{-3}$ м·К
Стала Планка	h	$6{,}63\cdot10^{-34}$ Дж·с
Заряд електрона	e	$1{,}602\cdot10^{-19}$ Кл
Швидкість світла у вакуумі	c	$2{,}998\cdot10^{8}$ м/с
Маса спокою електрона	m_e	$9{,}11\cdot10^{-31}$ кг=$5{,}49\cdot10^{-4}$ а.о.м.
Маса спокою протона	m_p	$1{,}672\cdot10^{-27}$ кг=1,00759 а.о.м.
Маса спокою нейтрона	m_n	$1{,}675\cdot10^{-27}$ кг=1,00899 а.о.м.
Стала Рідберга (для атома ${}^1_1H$)	R	$1{,}097\cdot10^{7}$ м$^{-1}$
Електрична стала	ε_0	$8{,}85\cdot10^{-12}$ Ф/м
Магнітна стала	μ_0	$4\pi\cdot10^{-7}$ Гн/м
Магнетон Бора	$\mu_Б$	$0{,}927\cdot10^{-23}$ А·м^2
Енергія іонізації атома водню	W_i	$2{,}18\cdot10^{-18}$ Дж=13,56 еВ
Атомна одиниця маси	**а.о.м.**	$1{,}66\cdot10^{-27}$ кг

Деякі позасистемні величини

1° = $1{,}75\cdot10^{-2}$ рад	1 рік = 365 діб = $3{,}11\cdot10^{7}$ с	Å – ангстрем (10^{-10})

1 мм рт. ст. = 133,3 Па	1 доба = 86400 с	1 еВ = $1{,}6\cdot10^{-19}$ Дж
1 кал = 4,18 Дж	1 кВт·год = $3{,}6\cdot10^{6}$ Дж	1 Кі(кюрі)=$3{,}7\cdot10^{10}$ Бк

Продовження додатка

Деякі співвідношення між фізичними величинами

Назва одиниці виміру	Значення в СІ
Температура за шкалою Цельсія (t °C)	T=t °C + 273,15 K
Об'єм (1 літр)	10^{-3} м^3
Тиск (1 мм вод. ст.)	9,81 Па
Потужність (1 кінська сила)	736 Вт
Динамічна в'язкість (1 пуаз)	0,1 кг/(м·с)
Тепловий потік (1 кал/с)	4,19 Вт
Кінематична в'язкість (1 Стокс)	10^{-4} м^2/с
Звуковий тиск (1 дин/см^2)	0,1 Па
Оптична сила 1 дптр (діоптрія)	1 м$^{-1}$
Активність ізотопа (1 Кюрі)	$3{,}7\cdot10^{10}$ розп/с
Поглинальна доза (1 рад)	10^{-2}Дж/кг
Експозиційна доза рентгенівського і гамма-випромінювання (1 Рентген)	$2{,}57976\cdot10^{-4}$ Кл/кг
Один градус кута на площині (1°)	π/180 радіан

Деякі астрономічні величини

Середній радіус Землі	$6{,}37\cdot10^{6}$ м
Маса Землі	$5{,}96\cdot10^{24}$ кг
Середня густина Землі	$5{,}52\cdot10^{3}$ кг/м^3
Період обертання Землі навколо осі	1 доба = 24 год
Радіус Сонця	$6{,}95\cdot10^{8}$ м
Маса Сонця	$1{,}97\cdot10^{30}$ кг
Середня густина Сонця	$1{,}41\cdot10^{3}$ кг/м^3
Період обертання Сонця навколо осі	25,4 доби
Ефективна температура поверхні Сонця	5788 К
Радіус Місяця	$1{,}74\cdot10^{6}$ м
Маса Місяця	$7{,}35\cdot10^{22}$ кг
Середня густина Місяця	$3{,}30\cdot10^{3}$ кг/м^3
Період обертання Місяця навколо осі	27,3 доби
Середня відстань між центрами Місяця та Землі	$3{,}84\cdot10^{8}$ м

Середня відстань між центрами Землі та Сонця	$1{,}5 \cdot 10^{11}$ м
Період обертання Місяця навколо Землі	27 діб 7 год 43 хв

Продовження додатка

Властивості деяких твердих тіл

Речовина	Густина, 10^3 кг/м^3	Температура плавлення, °С	Питома теплоємність, Дж/(кг·К)	Питома теплота плавлення, 10^3 Дж/кг	Температурний коефіцієнт лінійного розширення, 10^{-5} К$^{-1}$
Алюміній	2,60	659	896	322	2,3
Залізо	7,90	1530	500	272	1,2
Латунь	8,40	900	386	-	1,9
Лід	0,90	0	2100	335	-
Мідь	8,60	1100	395	176	1,6
Олово	7,20	232	230	58,6	2,7
Платина	21,40	1770	117	113	0,89
Свинець	11,30	327	126	22,6	2,9
Срібло	10,50	960	234	88	1,9
Сталь	7,70	1300	460	-	1,06
Цинк	7,00	420	391	117	2,9
Корок	0,20	-	2050	-	-
Барій	3,50				
Ванадій	6,02				
Вісмут	9,80				
Літій	0,53				
Нікель	8,90				
Цезій	1,90				

Продовження додатка

Властивості деяких рідин

Речовина	Густина, 10^3 кг/м^3	Питома теплоємність, 10^3 Дж/(кг·К)	Коефіцієнт поверхневого натягу, 10^{-3} Н/м
Вода (при 4 ºС)	1,00	4,19	73
Вода (при 0 ºС)	-	-	75,6
Вода (при 100 ºС)	-	-	58,8
Мильна вода	-	-	40
Бензол	0,88	1,72	30
Гліцерин	1,26	2,43	64
Касторове масло	0,90	1,80	35
Керосин	0,80	2,14	30
Ртуть	13,6	0,138	500
Спирт	0,79	2,51	20
Бензин	0,71÷0,75	2,05	
Гас	0,79÷0,82	2,09	24
Ацетон	0,78		
Сірководень	1,26		
Скипидар	0,86		
Нафта	0,73÷0,94	1,67÷2,09	30
Паливо дизельне	0,86		
Масло машинне	0,90÷0,92	1,67	
Мазут	0,89÷1,00		

Примітка. Значення характеристик рідин подано при нормальному атмосферному тиску і температурі 20 ºС (якщо не вказано іншої температури). Значення коефіцієнтів поверхневого натягу вказано на межі рідини з повітрям.

Питома теплоємність деяких речовин і матеріалів, Дж/(кгК)

Повітря	1000	Латунь	386
Водяна пара	2000	Лід	2100
Вода	4190	Дуб	2400
Цегла	880	Ялина, сосна	2700
Шифер	750	Бетон	880

Скло віконне	670	Камінь	840
Чавун	540	Плутоній $^{239}_{94}Pu$	100

Продовження додатка

Густина газів (за нормальних умов), кг/м^3

Гідроген	0,09	Гелій	0,18
Повітря (при 0 ^oC)	1,293	Оксиген	1,43
Метан CH_4	0,717	Азот	1,25
Вуглекислий газ	1,977	Хлор	3,21
CO (при 0 ^oC)	1,250	Аміак	0,77

Густина (середня насипна) деяких будівельних матеріалів, кг/м^3

Гравій	1500…1700	Кам’яне вугілля	800…850
Земля волога	1900…2000	Пісок сухий	1200…1650
Земля суха	1400…1600	Тирса	150…200

Густина деяких речовин і матеріалів, кг/м^3

Дерево сухе:		Кам’яне вугілля	1200…1500
береза	600…800	Мармур	2600…2800
дуб	700…1000	Цегла	1400…1800
клен	500…800	Смола	1070
липа	300…600	Скло віконне	2400…2700
сосна	400…700	Шифер	2800
тополя	300…500	Гума	910…1400
ялина	400…700	Чавун	7000…7800
ясен	600…800	Золото	19320
Асфальт	1100…2800	Натрій	968
Бетон	1800…2400	Нікель	8900
Граніт	2500…2800	Ніхром	8100…8400
Графіт	2100…2520	Уран	19040
Крейда	1800…2600	Хром	7190

Примітка. Значення густини речовин подано для температури 20 °С (якщо не вказано іншої температури).

Продовження додатка

Пружні властивості деяких твердих тіл

Речовина	Межа міцності, 10^8 Н/м^2	Модуль Юнга, 10^{10} Н/м^2
Алюміній	1,1	6,90
Залізо	2,94	19,60
Мідь	2,45	11,80
Свинець	0,2	1,57
Срібло	2,9	7,40
Сталь	7,85	21,60

Модуль Юнга деяких матеріалів, ГПа

Дерево (вздовж волокон):		Сталь інструмен-тальна (вуглецева)	210…280
сосна	12	Сталь легована	210…220
дуб	14	Мідь	110
береза	18	Свинець	17
Бетон	10…30	Хром	240…250
Цегляна кладка	3	Цинк	80
Скло	50…80	Чавун сірий	115…150
Залізо	200…210	Манганін	124

Ефективний діаметр молекул, 10^{-10} м

Азот	3,0·	Гелій	1,9·
Водень	2,3·	Кисень	2,7·

Границя міцності деяких матеріалів, ГПа

Цегла	0,005…0,01	Залізо	0,17…0,21
Бетон	0,02…0,048	Золото	0,14
Скло	0,06…0,12	Олово	0,027
Сталь вуглецева	0,344…0,47	Свинець	0,015
Сталь легована	0,8…1,0	Срібло	0,14

Трос сталевий	0,98	Цинк	0,11
Алюміній	0,05…0,11	Чавун сірий	0,25…0,55

Примітка. Для деяких матеріалів наведено орієнтовні значення границі міцності.

Продовження додатка

Залежність відносних долей молекул за розподілом Максвела від відносної швидкості

u	$\frac{\Delta N}{N\Delta u}$	u	$\frac{\Delta N}{N\Delta u}$	u	$\frac{\Delta N}{N\Delta u}$
0	0	0,9	0,81	1,8	0,29
0,1	0,02	1,0	0,83	1,9	0,22
0,2	0,09	1,1	0,82	2,0	0,16
0,3	0,18	1,2	0,78	2,1	0,12
0,4	0,31	1,3	0,71	2,2	0,09
0,5	0,44	1,4	0,63	2,3	0,06
0,6	0,57	1,5	0,54	2,4	0,04
0,7	0,68	1,6	0,46	2,5	0,03
0,8	0,76	1,7	0,36		

Залежність долі молекул, швидкості яких перевищують задане значення відносної швидкості

u	$\frac{N_x}{N}$	u	$\frac{N_x}{N}$
0	1,000	0,8	0,734
0,2	0,994	1,0	0,572
0,4	0,957	1,25	0,374
0,5	0,918	1,5	0,213
0,6	0,868	2,0	0.046
0,7	0,806	2,5	0,0057

Питома теплота згоряння деяких видів палива, МДж/кг

Дрова	8,4…11	Дизельне паливо	42,7
Вугілля древесне	31,5…34,4	Нафта	43,5…46

Вугілля кам’яне	26,5…27,5	Спирт	27,0
Антрацит	26,8…31,4	Газ природний	41…49
Бензин	44…47	Метан	50,0
Гас	44…46		

Продовження додатка

Питома теплота плавлення і температура плавлення деяких речовин, металів та сплавів (за нормального атмосферного тиску)

Речовина, метал чи сплав	Питома теплота плавлення, кДж/кг	Температура плавлення, °С
Лід	330	0,00
Алюміній	393	660,4
Латунь	–	900…1000
Мідь	176	1084,5
Олово	58,6	231,9
Платина	113	1772
Свинець	24,3	327,4
Сталь	84	1300…1500
Залізо	270	1539
Чавун	96…140	1100…1300
Цинк	112,2	419,5

Температурний коефіцієнт лінійного розширення деяких речовин та матеріалів, 10^{-6} K^{-1}

Лід (в інтервалі температур від –20 до 0 °С)	51	Скло віконне (в інтервалі температур від 20 °С до 200 °С)	10
Бетон (при 20 °С)	10…14	Шифер (при 20 °С)	10
Граніт (при 20 °С)	8	Сталь вуглецева	10…17
Цегла (при 20 °С)	3…9	Чавун (в інтервалі температур від 20 до 100 °С)	9…11
Деревина (в інтервалі температур від 2 до 34 °С):		Латунь	17…19
дуб уздовж волокон	4,9	Мідь	17

впоперек волокон	4,4	Срібло	20
сосна уздовж волокон	5,4	Залізо	12
впоперек волокон	34	Алюміній	2,4

Продовження додатка

Питома теплота пароутворення води при різних температурах

t °C	0	50	100	200
r , 10^5 Дж/кг	24,9	23,8	22,6	19,4

Критичні значення температури та тиску для деяких речовин

Речовина	$T_к$, К	$P_к$, 10^6 Па	Речовина	$T_к$, К	$P_к$, 10^6 Па
Водяна пара	647	22,0	Азот	126	3,40
Вуглекислий газ	304	7,38	Гідроген	33	1,30
Оксиген	154	5,07	Гелій	5,2	0,23
Аргон	151	4,87			

Теплопровідність деяких твердих тіл, Вт/(мК)

Дерево	0,175	Повсть	0,046
Цегла	0,55…0,84	Пісок сухий	0,325
Алюміній	210	Пробка	0,050
Залізо	58,7	Накип (на стінках котла)	0,60
Мідь	390	Ебоніт	0,174
Войлок	0,046	Кварц плавлений	1,37

Діелектрична проникність деяких речовин

Віск	7,8	Парафін	1,9…2,2
Вода	81	Папір парафіновий	2,2
Гас	2	Слюда	6
Ебоніт	2,6…3,5	Скло	6,0…10,0
Масло	5	Фарфор	4,4…6,8
Ацетон	31	Масло трансформаторне	2,2

Продовження додатка

Питомий опір деяких провідників, 10^{-8} Омм

Алюміній	2,8	Свинець	22,0
Срібло	1,6	Залізо	8,7
Золото	2,4	Сталь	14,0
Мідь	1,7	Вольфрам	5,5
Латунь	7,0…8,0	Цинк	6,1
Олово	12,0	Ніхром	10,0·
Ртуть	94,0	Графіт	39,0

Рухливість іонів в газах, 10^{-4} **м^2/(В·с)**

Газ	Позитивні іони	Негативні іони
Азот	1,27·	1,81
Водень	5,4	7,4·
Повітря	1,4	1,9·

Робота виходу електронів з металів

Метал	А, Дж	А, еВ
Калій	$3{,}5\cdot10^{-19}$	2,2
Літій	$3{,}7\cdot10^{-19}$	2,3
Платина	$10\cdot10^{-19}$	6,3
Рубідій	$3{,}4\cdot10^{-19}$	2,1
Срібло	$7{,}5\cdot10^{-19}$	4,7
Цезій	$3{,}2\cdot10^{-19}$	2,0
Цинк	$6{,}4\cdot10^{-19}$	4,0

Показники заломлення деяких речовин

Алмаз	2,42	Скипидар	1,48
Вода	1,33	Спирт етиловий	1,36
Лід	1,31	Скло	1,4…1,9
Гліцерин	1,47	Сірчаний вуглець	1,63

Продовження додатка

Стала обертання площини поляризації (кутові град/мм)

Кварц		
	для 589 нм	21,7
	для 404,7 нм	48,9

Товщини шару половинного ослаблення та коефіцієнти поглинання γ-променів деякими матеріалами

Матеріал	Товщина шару половинного ослаблення, м	Лінійний коефіцієнт поглинання, $м^{-1}$	Масовий коефіцієнт поглинання, $м^2/кг$
Бетон (густина $3{,}210^3$ $кг/м^3$)	0,1	6,93	$2{,}1710^{-3}$
Сталь (броня)	0,03	23,11	$2{,}9610^{-3}$
Свинець	0,02	34,66	$3{,}0610^{-3}$

Періоди напіврозпаду та маси атомів деяких радіоактивних ізотопів

Ізотоп	Позначення	Маса, а.о.м.	Період напіврозпаду, років
Кобальт	$^{60}_{27}$**Co**	58,9332	5,26 роки
Полоній	$^{210}_{84}$**Po**	210	138 діб
Кальцій	$^{45}_{20}$**Ca**	40,08	164 діб
Стронцій	$^{90}_{38}$**Sr**	90	28 років
Радон	$^{90}_{38}$**Rn**	222	3,8 діб
Радій	$^{226}_{88}$**Rn**	226,0254	1598 років
Цезій	$^{137}_{55}$**Cs**	137	29,7 років
Уран	$^{235}_{92}$**U**	235,04393	$7{,}1\ 10^8$ років

Уран	$^{238}_{92}\mathbf{U}$	238	4,5 10^8 років
Плутоній	$^{239}_{94}\mathbf{Pu}$	239	2,44 10^4 років

Продовження додатка

Маса і енергія спокою деяких частинок

Частинка	m_o		E_o	
	кг	а.о.м.	Дж	МеВ
Електрон	$9{,}11\cdot10^{-31}$	0,00055	$8{,}16\cdot10^{-14}$	0,511
Протон	$1{,}672\cdot10^{-27}$	1,00728	$1{,}50\cdot10^{-10}$	938
Нейтрон	$1{,}675\cdot10^{-27}$	1,00867	$1{,}51\cdot10^{-10}$	939
Дейтрон	$3{,}35\cdot10^{-27}$	2,01355	$3{,}00\cdot10^{-10}$	1876
α-Частинка	$6{,}64\cdot10^{-27}$	4,00149	$5{,}96\cdot10^{-10}$	3733
Нейтральний π-мезон	$2{,}41\cdot10^{-28}$	0,14498	$2{,}16\cdot10^{-11}$	135

Маса деяких нуклідів, а.о.м.

Нуклід	Маса	Нуклід	Маса	Нуклід	Маса
$_1H^1$	1,00783	$_4Be^9$	9,01218	$_{14}Si^{30}$	29,97377
$_1H^2$	2,01410	$_5B^{10}$	10,01294	$_{20}Ca^{40}$	39,96257
$_1H^3$	3,01605	$_6C^{12}$	12,0	$_{27}Co^{56}$	55,95769
$_2He^3$	3,01669	$_7N^{13}$	13,00987	$_{29}Cu^{63}$	62,94962
$_2He^4$	4,00388	$_7N^{14}$	14,00752	$_{48}Cd^{113}$	112,9420
$_3Li^6$	6,01703	$_8O^{17}$	17,00453	$_{50}Hg^{200}$	200,0280
$_3Li^7$	7,01823	$_{12}Mg^{23}$	23,00145	$_{92}U^{235}$	235,1175
$_4Be^7$	7,01916	$_{12}Mg^{24}$	23,99267	$_{92}U^{238}$	238,1237
$_4Be^8$	8,00785	$_{13}Al^{27}$	26,99010		

Енергія іонізації

Речовина	E_i, Дж	E_i, еВ
Водень	$2{,}18\cdot10^{-18}$	13,6
Гелій	$3{,}94\cdot10^{-18}$	24,6

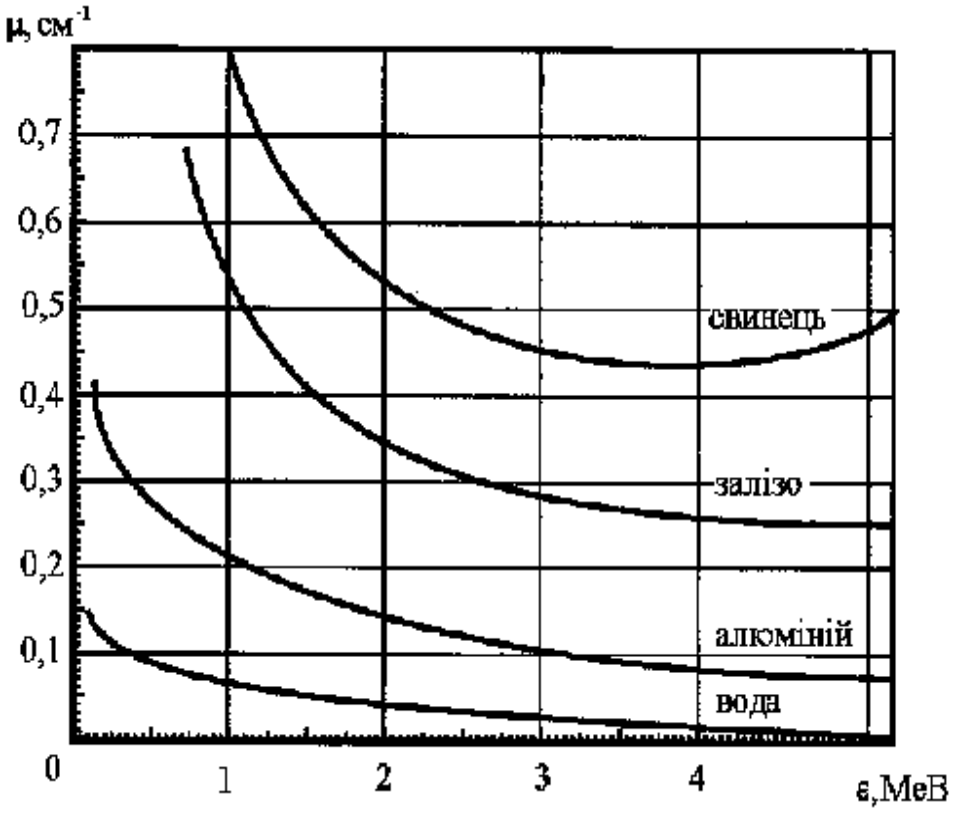
Літій	$1{,}21 \cdot 10^{-17}$	75,6
Ртуть	$1{,}66 \cdot 10^{-18}$	10,4

Закінчення додатка

Десяткові префікси до назв одиниць

Е – екса (10^{18})	М – мега (10^{6})	с – санти (10^{-2})	п – піко (10^{-12})
П – пета (10^{15})	к – кіло (10^{3})	м – мілі (10^{-3})	ф – фемто (10^{-15})
Т – тера (10^{12})	г – гекто (10^{2})	мк – мікро (10^{-6})	а – ато (10^{-18})
Г – гіга (10^{9})	д – деци (10^{-1})	н – нано (10^{-9})	

Графік залежності коефіцієнта поглинання γ-випромінювання від енергії падаючого кванта для різних речовин



Навчальне видання

КЛАПЧЕНКО Василь Іванович, **АЗНАУРЯН** Ірина Олександрівна,
ГЛИВА Валентин Анатолійович, **ГРИГОРАШ** Юрій Іванович,
ДОЛГОШЕЙ Володимир Борисович, **КЛИМЕНКО** Василь Олександрович,
КРАСНЯНСЬКИЙ Григорій Юхимович, **КУЧЕРОВА** Галина Василівна,
ПАНОВА Олена Василівна, **ПОНОМАРЕНКО** Сергій Миколайович,
ТАРАСЕВИЧ Віталій Іванович

ФІЗИКА

Збірник задач

Редагування та коректура *О.К. Чаплигіної*
Комп'ютерне верстання *І. С. Черненко*

Підписано до друку 2009. Формат 60 × 84 1/ 16
Ум. друк. арк. 14,65. Обл.-вид. арк. 15,75.
Тираж 150 прим. Вид. № 33-1-08. Зам. №

КНУБА, Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680

E-mail: red-isdat@knuba.edu.ua

Віддруковано в редакційно-видавничому відділі
Київського національного університету будівництва і архітектури

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
Видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.