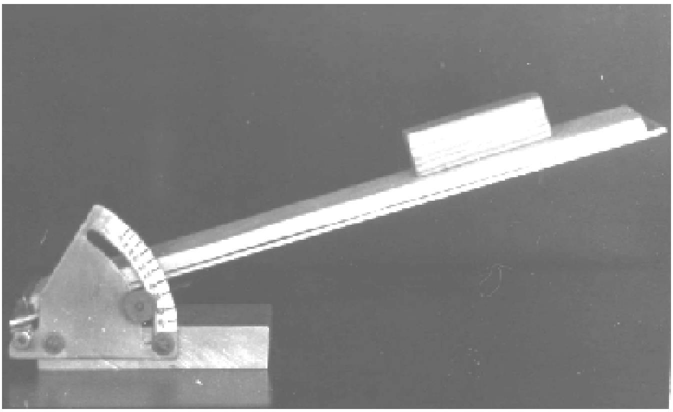
Давиденко (Давидьон) А. А.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАДАЧІ З ФІЗИКИ

для 7 – 9 класів



Чернігів 1997

ББК 74.265.1
Д13

Давиденко (Давидьон) А. А. Експериментальні задачі з фізики для учнів 7 – 9 класу: Посібник для вчителів фізики: Чернігів, 1997. – 44 с.

В посібнику містяться експериментальні задачі з фізики з можливими варіантами їх розв’язань.

Рекомендовано Головним управлінням загальної середньої освіти Міністерства освіти України.

Рецензенти: завідуючий кафедрою методики викладання фізики Українського державного педуніверситету ім. М. П. Драгоманова професор Коршак Є.В.;
учитель фізики Чернігівської СШ № 11 Завгородня Л. П.

П Е Р Е Д М О В А

Не всякий складний експеримент може довести правоту; неправоту може довести і простий.

Альберт Ейнштейн

Для значної частини учнів фізики цікава тим, що вона є експериментальною наукою. У процесі вивчення фізики учні мають можливість не лише пасивно спостерігати певні явища чи процеси, а й самостійно виконувати експерименти. Для цього програмою з даного предмету передбачено проведення обов’язкових демонстраційних дослідів та значна кількість фронтальних лабораторних та практичних робіт.

Разом з цим, вчитель фізики повинен обов’язково використовувати в навчальному процесі задачі, особливе місце серед яких належить експериментальним задачам.

Експериментальними називають такі задачі, постановка і розв’язання яких вимагають проведення фізичного експерименту. В ході експерименту учні одержують необхідні для розв’язання задачі значення фізичних величин або ж експериментально перевіряють попередньо зроблені розрахунки.

Не ставлячи перед собою мету розкрити в даному посібнику все те, що стосується експериментальних задач, хочеться лише звернути увагу на їх досить значні дидактичні можливості.

Вони дозволяють створювати проблемні ситуації при подачі нового матеріалу та закріплювати щойно одержані знання. За допомогою них можна краще підготувати учнів до виконання лабораторних та практичних робіт, контролювати рівень знань, експериментальних умінь та навичок учнів. Їх можна також використовувати в якості домашніх завдань.

Без експериментальних задач важко уявити серйозну позаурочну роботу: заняття гуртків, факультативів, олімпіади, конкурси тощо. Всім, наприклад, відомо, що експериментальні тури олімпіад юних фізиків проходять з використанням завдань, серед яких є і експериментальні задачі.

На особливу увагу заслуговує те, що при розв'язуванні експериментальних задач учні мають можливість самостійно працювати з різними приладами та пристроями. Це завжди спонукає учнів до удосконалення або ж і до розробки та виготовлення нових приладів, що як відомо, сприяє розвитку їх творчих здібностей. Досить часто до творчої, винахідницької діяльності учні залучаються і під час розв'язання експериментальних задач. (див. Задачі 9, 29, 30 та 40).

Частина пропонованих у збірнику задач складені автором. Вони апробовані не лише в школах області а й за її межами. Учителі фізики України, Білорусі та Росії, які знайомились з цими задачами на курсах підвищення кваліфікації у відповідних інститутах, пропонували об'єднати згадані задачі в посібник, що і було зроблено.

Окремі задачі посібника є досить простими може здаватись, що вони не заслуговують на увагу. Та це не зовсім так. Розв'язання цих задач сприятиме відпрацюванню окремих способів, прийомів, які будуть корисними при роботі над складнішими задачами.

Автор висловлює подяку професору Євгену Васильовичу Коршаку за допомогу, надану в процесі роботи над посібником.

З А Д А Ч І

Задача 1. Визначити масу однієї краплини води.

Обладнання: піпетка, мензурка або циліндричний стакан, посудина з водою, вимірювальна лінійка.

Р о з в ’ я з а н н я. Накрапаємо в мензурку стільки крапель води N, щоб можна було легко виміряти їх загальний об’єм V (до однієї з поділок).

Потім за формулою

$$m = \rho V,$$

де ρ - густина води, визначимо масу всієї води.

Зрозуміло, що для того, щоб знайти масу однієї краплини води m_1, необхідно масу всієї води розділити на кількість крапель:

$$m_1 = m/N.$$

Якщо задачу розв’язувати у загальному вигляді, то формула для одержання відповіді на поставлене в ній запитання матиме такий вигляд:

$$m_1 = \rho V/N.$$

Задача 2. Визначити товщину алюмінієвої фольги.

Обладнання: алюмінієва фольга правильної геометричної форми (обертка від цукерки), вимірювальна лінійка, терези з набором важків.

Р о з в ’ я з а н н я. Така фольга є звичайним алюмінієвим паралелепіпедом з площею S = ab та висотою h, яку саме необхідно знайти. Математично це виглядає так:

$$m = \rho V = \rho abh,$$

звідки

$$h = m/\rho ab,$$

де ρ - густина алюмінію, a та b – довжина та ширина фольги відповідно.

Зваживши на терезах дану фольгу, взявши з таблиці значення густини алюмінію та вимірявши довжину і ширину фольги, обчислимо необхідну величину.

Задача 3. Визначити довжину латунного стержня, який повністю займає висвердлений у дерев'яному бруску отвір.

<u>Обладнання:</u> дерев'яний брусок з вставленим у висвердлений в ньому глухий отвір латунним стержнем, штангенциркуль, терези з набором важків.

Р о з в ' я з а н н я. Вираз для обчислення маси всього тіла (рис. 1) можна записати у вигляді суми мас двох окремих тіл – дерев'яного бруска з глухим отвором m_1 та латунного стержня m_2 :

$$m = m_1 + m_2$$

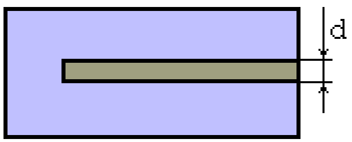


Рис. 1

Масу деревини виразимо через її густину ρ_1 та об'єм V:

$$m = \rho_1 V = \rho_1(V_1 – V_2),$$

де V_1 – об'єм всього бруска а V_2 – об'єм латунного стержня, який займає об'єм всього глухого отвору.

Те ж саме зробимо і відносно маси латунного стержня:

$$m_2 = \rho_2 V_2,$$

де ρ_2 – густина латуні.

Тоді рівняння для визначення маси всього тіла можна записати у такому вигляді:

$$m = \rho_1(V_1 – V_2) + \rho_2 V_2.$$

Після відповідних математичних перетворень одержимо рівняння:

$$m = \rho_1 V_1 + V_2(\rho_2 - \rho_1).$$

Об'єм бруска запишемо у вигляді добутку довжин трьох його відповідних ребер:

$$V_1 = abc,$$

а об'єм стержня через його діаметр d та довжину l:

$$V_2 = \pi d^2 l/4.$$

Після підстановки даних виразів у основне рівняння, матимемо:

$$m = \rho_1 abc + \pi d^2 l\,(\rho_2 - \rho_1),$$

звідки:

$$l = 4\,(m - \rho_1 abc) / \pi d^2\,(\rho_2 - \rho_1).$$

Масу всього тіла можна визначити шляхом його зважування на терезах, його розміри та діаметр стержня – за допомогою штангенциркуля. Підставивши ці дані, а також значення густини латуні та деревини в останню формулу, знайдемо довжину стержня.

Задача 4. Визначити масу тіла.

Обладнання: циліндрична або прямокутна посудина з водою, тіло яке не тоне у воді, вимірювальна лінійка.

Р о з в ’я з а н н я 1. Якщо тіло має форму паралелепіпеда або циліндра, діаметр якого значно більший, ніж висота, то його масу можна легко визначити шляхом порівняння її з масою витісненої ним води.

До такого висновку можна прийти на основі рівняння:

$$mg = \rho g V,$$

звідки

$$m = \rho V,$$

де m – маса тіла, ρ - густина води, V – об’єм витісненої води.

Опустивши легенько тіло на воду (рис. 2), а потім вийнявши його з неї, можна побачити чітку межу між змоченою та сухою поверхнями. Це дозволяє досить легко зробити відповідні виміри і знайти об’єм витісненої води:

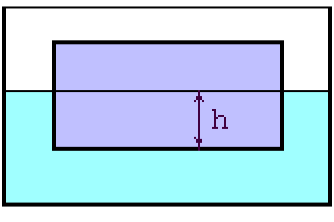


Рис. 2

$$V = abh,$$

де a – довжина паралелепіпеда, b – його ширина, h – глибина його занурення у воду. Тоді

$$m = \rho abh,$$

і залишається лише виконати обчислення.

Р о з в ’я з а н н я 2. Якщо ж тіло має (неправильну) геометричну форму (рис. 3) , то об’єм витісненої води вже доведеться вимірювати за допомогою посудини з водою. Для цього слід визначити площу дна всередині посудини (поперечний переріз води), висоту, на яку підніметься вода при плаванні в ній тіла, а потім їх перемножити.

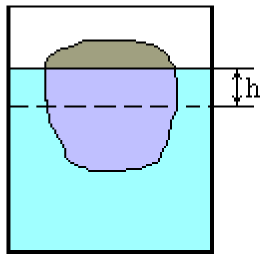


Рис. 3

Задача 5. Визначити густину тіла.

Обладнання: тіло, густина якого менша густини води, мензурка з водою, спиця.

Р о з в ’я з а н н я. Очевидно, що для обчислення густини речовини слід скористатись відомою формулою:

$$\rho = m/V.$$

Масу тіла знайдемо так, як це робиться в задачі № 4. Об’єм тіла легко знайти за допомогою мензурки з водою. Для цього його слід повністю занурити у воду за допомогою тонкого стержня.

<u>Примітки:</u> *Цю задачу і подібні їй можна поставити у декількох варіантах, які будуть відрізнятись рівнем складності.*

1. Замість мензурки можна скористатись циліндричним стаканом або, навіть і пробіркою з водою та вимірювальною лінійкою.

2. Якщо тіло має правильну геометричну форму (паралелепіпед, циліндр і т.п.), то можна передбачити знаходження учнями його об’єму через відповідні геометричні розміри.

Задача 6. Знайти густину пластиліну.

Обладнання: шматок пластиліну масою 20…40 г, мензурка з водою.

Р о з в ’я з а н н я. Спочатку зануримо повністю пластилін у воду (для того, щоб пластилін вільно входив у мензурку, йому можна надати будь-якої форми, наприклад, стержня або кулі) і визначимо, який об’єм води V він витіснить (рис. 4).

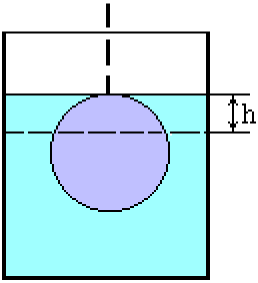


Рис. 4

Потім зробимо з пластиліну коробочку (знову ж, необхідно вибрати таку її форму, щоб вона без тертя входила в мензурку) і покладемо її на воду, яка знаходиться в мензурці.

Умову рівноваги тіла можна описати рівнянням:

$$mg = \rho g V_1,$$

звідки

$$m = \rho V_1,$$

де m – маса пластиліну, ρ - густина води, V_1 – об’єм витісненої води.

Тоді густину пластиліну можна обчислити за формулою:

$$\rho_1 = m/V = \rho V_1/V.$$

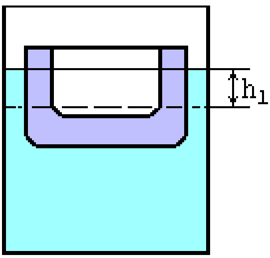


Рис. 5

Примітка: *Результат буде точнішим, якщо в перелік обладнання включити вимірювальну лінійку.*

Так як

$$V_1 = Sh_1,$$

де h_1 – висота, на яку підніметься вода при плаванні в ній коробочки, а

$$V = Sh,$$

де h – висота, на яку підніметься вода при повному зануренні в неї пластиліну, то

$$\rho_1 = \rho h_1/h.$$

Задача 7. Визначити, з якого металу виготовлено тіло.
Обладнання: мензурка з водою, нитка, терези з набором важків.

Р о з в’ я з а н н я. Зробити висновок щодо речовини, з якої виготовлено тіло можна шляхом порівняння його кількісних характеристик з уже відомими відповідними табличними даними. Ними можуть бути: температури плавлення чи кипіння, густина речовини, її питома теплоємність тощо.

Очевидно, що в даному випадку можна шляхом зважування визначити масу тіла m, а за допомогою мензурки – його об’єм V. Потім за формулою

$$\rho = m/V$$

вдасться обчислити густину тіла і порівняти одержане значення з табличними даними густин твердих тіл.

Задача 8. Визначити, який вантаж може утримувати на поверхні води дерев’яний брусок.

Обладнання: дерев’яний брусок, посудина з водою, вимірювальна лінійка.

Р о з в’ я з а н н я. Дерев’яний брусок з розміщеним на ньому вантажем не потоне у воді тоді, коли сила тяжіння, яка діятиме на брусок і цей вантаж, врівноважуватиметься виштовхувальною силою. Найбільший же вантаж утримуватиметься тоді, коли верхня грань бруска зрівняється з поверхнею води (рис. 6) .

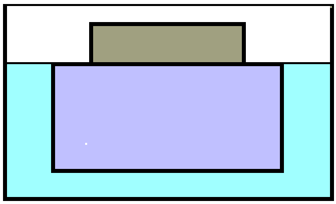


Рис. 6

Якщо об’єм не зануреної частини плаваючого на воді бруска позначимо через V, густину води через ρ, масу цього вантажу через m, то можна буде записати рівняння:

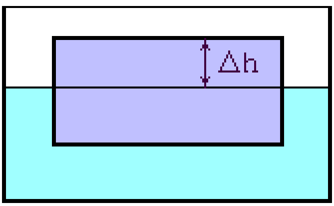


Рис. 7

$$mg = \rho V g,$$

звідки

$$m = \rho V.$$

Звідси видно, що експериментальна частина розв'язання задачі зведеться до одержання розмірів не зануреної частини бруска (рис. 7) .

Враховуючи, що

$$V = ab\Delta h,$$

де a – довжина бруска. b – його ширина, Δh – висота його не зануреної частини, обчислення, які дозволять дати відповідь на поставлене в задачі запитання, тоді вже слід виконувати з використанням такого рівняння:

$$m = \rho ab\Delta h.$$

Задача 9. На основі розв'язання задачі № 8 виготовити прилад для зважування тіл.

Обладнання: дерев'яний брусок, посудина з водою, вимірювальна лінійка, олівець або кулькова ручка.

Р о з в' я з а н н я. Визначивши який максимальний вантаж може утримати брусок на поверхні води (див. задачу № 8), ми, тим самим, знаходимо найбільше значення шкали такого приладу. Нуль шкали співпаде з межею (лінією) до якої зануриться в воду ненавантажений брусок. Це легко визначити, поклавши обережно брусок на воду та вийнявши його назад. Межа розподілу мокрої частини будь-якої бічної грані та сухої і буде цією лінією.

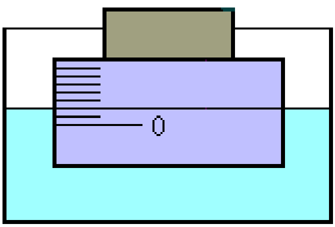


Рис. 8

Для виготовлення шкали приладу слід накреслити на незмоченій частині бруска перпендикулярно до одержаної лінії відрізок і розбити його на поділки (рис. 8). Шкала буде лінійною, адже брусок – це паралелепіпед, глибина занурення якого в рідину прямо пропорційна масі вантажу.

Такий же прилад можна виготовити і на базі тіла. Яке має форму коробочки (рис. 9).

Задача 10. Визначити густину рідини.

Обладнання: стакан з рідиною, стальний циліндр з гачком (з набору по теплоємності), динамометр.
Густину сталі вказуємо самі або надаємо можливість взяти її з таблиці.

Р о з в' я з а н н я. Запишемо рівняння для ваги тіла у рідині:

$$P_1 = P - \rho g V,$$

де P_1 – вага тіла в рідині, P – вага тіла у повітрі, ρ - густина рідини. g – прискорення вільного падіння, V – об'єм витісненої тілом рідини (у даному випадку він дорівнює об'єму тіла).

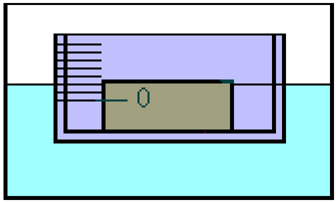


Рис. 9

Розв'яжемо це рівняння відносно густини рідини:

$$\rho = (P - P_1) / gV.$$

$$V = m/\rho_1,$$

де ρ_1 – густина тіла, тоді:

$$\rho = (P - P_1)\rho_1 / gm$$

або

$$\rho = (P - P_1)\rho_1 / P.$$

Тепер видно, що для обчислення густини рідини. необхідно знайти за допомогою динамометра вагу тіла у повітрі (виштовхувальною силою, що діє на занурене в повітря тіло такого малого об'єму, нехтуємо) та його вагу в рідині.

Задача 11. Визначити густину дерев'яного однорідного стержня.

Обладнання: мензурка або пробірка з водою, однорідний дерев'яний стержень, який вільно входив би у пробірку, вимірювальна лінійка.

Р о з в' я з а н н я. Вставимо стержень в пробірку так, щоб він вертикально плавав у воді (рис. 10) (цьому допомагають стінки пробірки).

На стержень діють дві сили: сила тяжіння та виштовхувальна сила. Стан рівноваги даного тіла можна записати рівнянням:

$$mg = \rho gV$$

або

$$\rho_1 SHg = \rho Shg,$$

де ρ_1 – густина стержня, S – площа його поперечного перерізу, H – довжина стержня, h – глибина його занурення у воду, ρ - густина води.

Після відповідних математичних перетворень одержимо формулу для обчислення густини стержня:

$$\rho_1 = \rho h/H$$

Як бачимо, експериментальна частина задачі зводиться до вимірювання глибини занурення стержня у воду h та його довжини H.

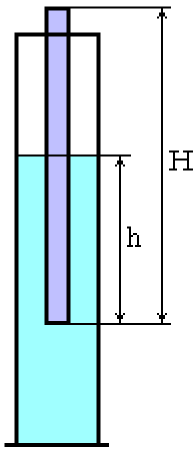


Рис. 10

Примітка: *Задача дещо ускладниться, якщо з її обладнання вилучимо вимірювальну лінійку. Тоді учні повинні прийти до висновку про те, що в даному випадку вимірювання можна зробити у будь-яких одиницях, наприклад, клітинках листка учнівського зошита, витках щільно намотаного на якийсь предмет дроту тощо.*

Задача 12. Знайти густину каменя.

Обладнання: камінь масою 100…200 г, динамометр, нитка, посудина з водою.

Р о з в’ я з а н н я. Густина тіла можна знайти користуючись відомою формулою:

$$\rho = m/V.$$

Різниця між вагою тіла у повітрі та його вагою у воді виникає внаслідок дії на нього виштовхувальної сили. Це можна записати рівнянням:

$$P_1 – P_2 = \rho_1 gV,$$

P_1 – вага тіла в повітрі, P_2 – вага тіла у воді, ρ_1 – густина води, g – прискорення вільного падіння, V – об'єм витісненої тілом води, який дорівнює об'єму зануреного в неї тіла.

Розв'яжемо його відносно об'єму:

$$V = (P_1 – P_2) / \rho g.$$

тоді:

$$\rho = m\rho g / (P_1 – P_2)$$

або

$$\rho = \rho_1 P_1 / (P_1 – P_2).$$

Вимірявши динамометром масу тіла m, вагу тіла у повітрі та його вагу у воді обчислимо густину каменя (виштовхувальною силою, що діє на тіло у повітрі, нехтуємо).

Задача 13. Визначити густину невідомої рідини.

Обладнання: пробірка, стакан з водою та стакан з невідомою рідиною, вимірювальна лінійка.

Р о з в' я з а н н я. Наллємо у мензурку води. Потім наллємо у пробірку таку кількість води, щоб вона, будучи опущеною у мензурку з водою, плавала в ній у вертикальному положенні (рис. 11). Умову рівноваги пробірки з водою можна описати рівнянням:

$$P_1 + P_2 = \rho g V_1,$$

P_1 – вага пробірки, P_2 – вага води в пробірці, ρ - густина води, g – прис ... падіння, V_1 – об'єм витісненої во-

у наллємо в неї таку кількість неві-

була занурена в воду на таку ж саму

$+ P_3 = \rho g V_1,$

.

х обох рівнянь однакові, тому при-

$+ P_2 = P_1 + P_3.$

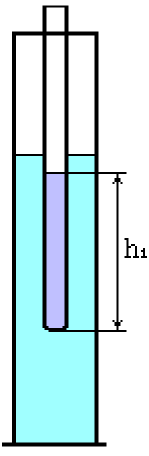


Рис. 11

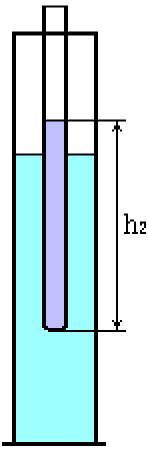


Рис. 12

тоді

$$P_2 = P_3$$

і

$$m_2 = m_3.$$

Розпишемо маси через густини та об’єми:

$$\rho V_2 = \rho_3 V_3$$

або

$$\rho S h_2 = \rho_3 S h_3$$

звідки

$$\rho_3 = \rho h_2 / h_3$$

де ρ_3 – густина невідомої рідини, h_2 – висота води в пробірці і h_3 – висота невідомої рідини в пробірці.

Як бачимо, дані для обчислень легко одержати за допомогою вимірювальної лінійки.

Задача 14. Яку роботу необхідно виконати для того, щоб дерев’яний брусок повністю занурити у воду?

Обладнання: посудина з водою, дерев’яний брусок, вимірювальна лінійка.

Р о з в’ я з а н н я. Брусок утримується на воді за рахунок дії на нього архімедової сили. Коли ми його будемо занурювати у воду, виникатиме додаткова виштовхувальна сила, максимальне значення якої при повному зануренні тіла (див. задачу № 8 та рисунок 7 до неї):

$$F = \rho g V$$

або

$$F = \rho g a b \Delta h,$$

де ρ - густина води, g – прискорення вільного падіння, a, b та Δh відповідні розміри не зануреної у воду частини бруска.

Зрозуміло, що для занурення бруска, слід виконати роботу дією зовнішньої сили, яка буде протилежна напрямку дії додаткової виштовхувальної сили.

Прийнявши до уваги те, що ця додаткова виштовхувальна сила при зануренні бруска зростає від нуля до свого максимального значення за лінійним законом, і переміщення бруска буде дорівнювати різниці між глибиною занурення бруска у воду Δh та висотою підйому води в посудині Δl, запишемо рівняння для обчислення роботи:

$$A = \rho gab\Delta h(\Delta h-\Delta l)/2$$

Всі дані для обчислення легко одержати за допомогою лінійки.

Задача 15. Встановити тіло так, щоб тиск на кришку столу був найменшим.

Обладнання: тіло з бічними поверхнями різної площі (призма, призма з пазами, уступами тощо), вимірювальна лінійка.

Р о з в' я з а н н я. Вибираємо грань, яка має найбільшу площу, і ставимо нею тіло на кришку столу. Для більшої певності знімаємо розміри граней, обчислюємо їх площі і після порівняння вибираємо ту, яка нам підходить.

Задача 16. Знайти тиск тіла на поверхню столу.

Обладнання: алюмінієвий паралепіпед, вимірювальна лінійка

Р о з в' я з а н н я. Тиск тіла на поверхню столу можна обчислити за формулою:

$$p = F/S,$$

де F сила тиску, S – площа однієї з поверхонь, на яку встановлено тіло.

Сила, з якою тіло тисне на стіл, дорівнює силі тяжіння:

$$F = mg.$$

тоді

$$p = mg/S.$$

Виразивши масу тіла m через густину алюмінію ρ (її значення можна дати в умові або передбачити використання таблиці) та його об'єм V, матимемо:

$$p = \rho gV/S.$$

У зв’язку з тим, що тіло має форму паралелепіпеда, формула буде ще простішою:

$$p = \rho g S h / S = \rho g h,$$

де h – висота паралелепіпеда.

Виконати ж обчислення за попередньою формулою можна лише тоді, коли знайдено об’єм тіла та площу грані, на якій воно стоїть. Зробити це можна за допомогою вимірювальної лінійки та наступних обчислень.

Примітка. *Якщо тіло має неправильну геометричну форму, то його об’єм можна знайти за допомогою мензурки з водою або циліндричного стакана та вимірювальної лінійки.*

Задача 17. Визначити опір резистора.

Обладнання: резистор невідомого опору, джерело постійного струму (випрямляч на 4В або батарея гальванічних елементів), вольтметр, амперметр, з’єднувальні провідники, ключ.

Р о з в’ я з а н н я. З’єднаємо послідовно джерело струму, резистор, амперметр та ключ. Паралельно до резистора підключимо вольтметр. Замкнемо коло ключем і знімемо покази вимірювальних приладів.

Цих даних достатньо для виконання обчислень за формулою:

$$R = U/I.$$

Задача 18. Визначити довжину мідного дроту в мотку, не розмотуючи його.

Обладнання: моток мідного дроту, терези з важками, штангенциркуль.

Надається можливість скористатись значенням густини міді.

Р о з в’ я з а н н я. Уявимо, що весь дріт ми розмотали і розтягнули на всю довжину. Зрозуміло, що він мав би при цьому форму циліндра висотою l, яка і є шуканою нами довжиною дроту.

Розпишемо масу дроту m через його густину ρ та об’єм V:

$$m = \rho V.$$

Об’єм циліндра:

$$V = Sl.$$

Площа його основи:

$$S = \pi d^2/4,$$

тоді:

$$V = \pi d^2 l/4$$

і

$$m = \rho\pi d^2 l/4,$$

звідки

$$l = 4m/\rho\pi d^2.$$

Зваживши весь дріт на терезах та вимірявши штангенциркулем його діаметр, матимемо можливість виконати за даною формулою обчислення.

Задача 19. Визначити довжину дроту в мотку, не розмотуючи його.

Обладнання: моток дроту, мензурка або циліндричний стакан з водою, вимірювальна лінійка.

Р о з в’ я з а н н я. Якби у нас був розмотаний і розтягнутий дріт на всю його довжину l, то він мав би форму циліндра, об’єм якого:

$$V = Sl.$$

Площа основи циліндра:

$$S = \pi d^2/4,$$

тому:

$$V = \pi d^2 l/4,$$

звідки

$$l = 4V/\pi d^2$$

Діаметр дроту d знайдемо способом, який пропонується у багатьох посібниках. Намотаємо щільно на олівець чи ручку деяку кількість витків N (рис. 13) і виміряємо довжину цієї намотки L. Тоді:

$$d = L/N$$

і формула для обчислення шуканої величини прийме наступний вигляд:

$$l = 4VN^2/\pi L^2$$

Об'єм дроту визначимо за допомогою мензурки або циліндричного стакана з водою (за об'ємом витісненої води після повного занурення в неї мотка).

Задача 20. Визначити, з якого металу виготовлено дріт даного реостату.

Обладнання: реостат з вказаним опором, лінійка з міліметровими поділками.

Р о з в' я з а н н я. Опір провідника залежить від його довжини l, площі поперечного перерізу S, а також від металу, з якого він виготовлений:

$$R = \rho l/S$$

Розв'яжемо це рівняння відносно питомого опору:

$$\rho = RS/l.$$

Опір реостата вказано на його корпусі. Площу поперечного перерізу дроту виразимо через його діаметр:

$$S = \pi d^2/4,$$

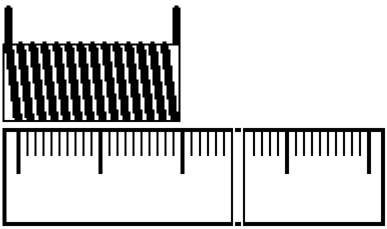


Рис.13

Вимірявши довжину намотки дроту L на барабан (рис. 13) та поділивши її на кількість витків N, одержимо діаметр:

$$d = L/N.$$

Тоді

$$S = \pi L^2/4N^2.$$

Довжина дроту:

$$l = \pi DN,$$

де D – діаметр намотки дроту на барабан.

Тоді кінцева формула для обчислення питомого опору матиме вигляд:

$$\rho = RL^2/4DN^3.$$

Порівняння результату обчислень з відповідними табличними даними дозволять відповісти на поставлене в задачі запитання.

Задача 21. Визначити полюси джерела струму.

Обладнання: джерело струму (гальванічний елемент або випрямляч), резистор опором 1…2 Ом, провідник довжиною 1,5…2 м, магнітна стрілка на підставці або компас, ключ, з’єднувальні провідники.

Р о з в’ я з а н ня. Виготовимо з провідника котушку і підключимо її через обмежуючий резистор та ключ до джерела струму (рис. 14).

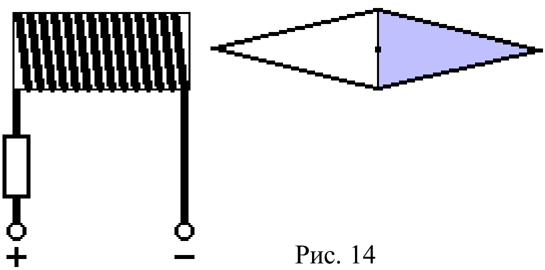


Рис. 14

По орієнтації, встановленої біля одного з торців такої котушки магнітної стрілки, визначаємо магнітні полюси котушки. За ними ж знаходимо напрям струму, який тече від позитивного полюса джерела до негативного.

Задача 22. Перевірити, чи правильно зображені полюси магніту.

Обладнання: постійний магніт з позначеними полюсами, дротяний резистор опором 1…2 Ом, джерело постійного струму, моток дроту в ізоляції.

Р о з в’ я з а н н я. Підключимо через обмежуючий резистор моток дроту до джерела струму. По взаємодії магнітного поля струму з магнітним полем досліджуваного магніту (однойменні полюси відштовхуються, а різнойменні притягуються) робимо відповідні висновки.

Задача 23. Визначити, який з двох стальних стержнів намагнічений, а який ні.

Обладнання: два стальні стержні довжиною 70…50 мм (можна дві довгі голки), довга та тонка нитка.

Р о з в’ я з а н н я 1. Можна кожний стержень окремо підвісити у горизонтальному положенні на довгій нитці, і провести спостереження за його поведінкою у магнітному полі Землі. Намагнічений стержень займе відповідальне положення. Збоку ж не намагніченого стержня помітної реакції на дію магнітного поля Землі не буде.

Разом з цим, намагнічений стержень буде змінювати свою орієнтацію при піднесенні до нього стальних не намагнічених предметів.

Р о з в’ я з а н н я 2. Намагнічений стержень не буде притягуватись до кінців не намагніченого стержня своєю серединою.

Не намагнічений стержень притягується до кінців намагніченого будь-якою своєю частиною.

Задача 24. Пояснити поведінку пінопластового “човника” на поверхні води.

Обладнання: Чашка Петрі з водою, пінопластовий “човник” (шматочок пінопласту із вставленою в нього намагніченою голкою).

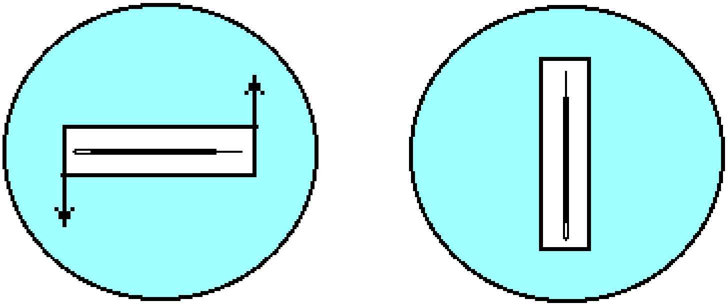


Рис. 15

Р о з в’ я з а н н я. По-перше, на заховану в пінопласті намагнічену голку діє магнітне поле Землі, яке надає всьому човнику відповідної орієнтації (рис. 15) . Саме це і дозволяє зробити висновок про те, що в “човнику” міститься магніт. При цьому слід мати на увазі, що така орієнтація “човника” помітна лише тоді, коли силові лінії магнітного поля та намагніченої голки не співпадають за напрямом. По-друге, коли його покласти на налиту у чашку воду, то він не може довго перебувати на одному місці. Переважаючі з певного боку сили поверхневого натягу змушують “човник” спрямувати свій рух до бокової стінки. Але це вже зможуть пояснити лише ті учні, які знають відповідний матеріал.

Дана задача цікава не лише з точки зору фізики, а й в психологічному плані: за рідким винятком, учні повністю розкривають даний секрет, тобто розв’язують задачу до кінця. Вони задовольняються першим, що кидається у вічі, не продовжуючи подальші пошуки.

Задача 25. З якою швидкістю штовхнули з горизонтальної кришки столу кульку, якщо вона впала на певній відстані від його підніжжя?

Обладнання: гумова або пластмасова кулька, вимірювальна лінійка.

Р о з в’ я з а н н я. Після скочування зі столу кулька буде рухатись під дією сили тяжіння по параболі і впаде на відстані l від його підніжжя (рис. 16). Цей рух можна описати двома рівняннями:

$$l = vt$$

та

$$h = gt^2/2,$$

де l відстань, яку пролетіла кулька горизонтально, v – її горизонтальна швидкість, t – час руху кульки, h висота столу, g – прискорення вільного падіння.

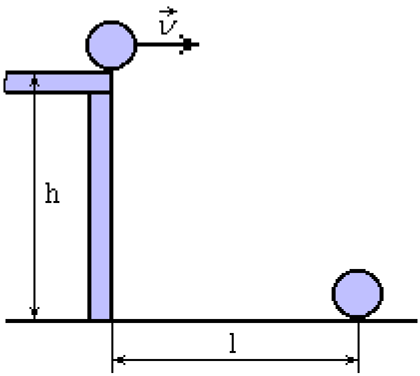


Рис. 16

Розв’язавши систему цих рівнянь, одержимо:

$$v = l\sqrt{g/2h}.$$

Вимірявши висоту столу h та відстань l, на якій впала від його підніжжя кулька, обчислимо шукану величину.

Задача 26. Визначити коефіцієнт жорсткості пружини динамометра.

Обладнання: динамометр, вимірювальна лінійка.

Р о з в’ я з а н н я. Розтягнемо рукою пружину динамометра і виміряємо лінійкою величину деформації x. Разом з цим знімемо покази зі шкали динамометра – він покаже силу пружності, яка виникне внаслідок деформації пружини.

Рівняння

$$F_{пр.} = kx$$

розв’яжемо відносно коефіцієнта жорсткості пружини:

$$k = F_{пр.}/x.$$

Після підстановки в нього значень одержаних фізичних величин, дамо відповідь на поставлене в задачі запитання.

Задача 27. Визначити коефіцієнт жорсткості пружини.
Обладнання: пружина з гачком, динамометр, вимірювальна лінійка або смужка міліметрового паперу.

Р о з в' я з а н н я. З'єднаємо досліджувану пружину та пружину динамометра гачками. Взявши обидві пружини за вільні кінці (однією рукою можна просто за дощечку динамометра), розтягнемо їх (рис. 17).

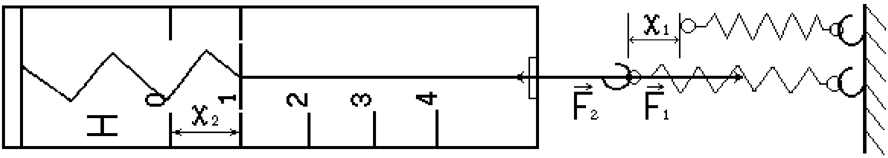


Рис. 17

Внаслідок деформації в них виникнуть рівні за величиною сили:

$$F_1 = F_2.$$

Запишемо рівняння закону Гука для досліджуваної пружини та пружини динамометра відповідно:

$$F_1 = kx_1$$

і

$$F_2 = kx_2,$$

де F_1 та F_2 – сили пружності, які виникають в пружинах внаслідок їх деформування на величини x_1 та x_2.

Враховуючи рівність сил F_1 та F_2, маємо:

$$kx_1 = F_2,$$

звідки

$$k_1 = F_2/x_1.$$

Знявши покази зі шкали динамометра та вимірявши лінійкою видовження досліджуваної пружини x_1, обчислимо її коефіцієнт жорсткості k_1.

Задача 28. Визначити жорсткість пружини.

Обладнання: нормально розтягнута пружина, дерев’яний брусок, посудина з водою, вимірювальна лінійка.

Р о з в’ я з а н н я. Покладемо брусок на вертикально встановлену пружину (рис. 18). Діюча на нього сила тяжіння зрівноважується силою пружності, яка виникає внаслідок стискання пружини. Можна записати рівняння:

$$mg = kx,$$

звідки

$$k = mg/x,$$

де k – коефіцієнт жорсткості пружини, m – маса тіла, g – прискорення вільного падіння, x – деформація пружини.

Розпишемо масу бруска через його густину ρ_1 та об’єм V:

$$m = \rho_1 V = \rho_1 abc,$$

де a,b та c – довжини його відповідних ребер.

Густину деревини визначимо таким же способом, як це пропонується у розв’язанні задачі № 11:

$$\rho_1 = \rho h/H.$$

Тоді:

$$m = abc\rho h/H.$$

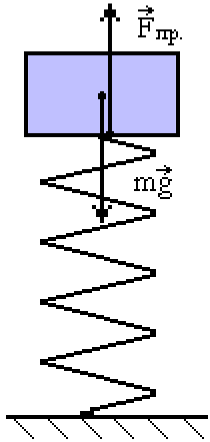


Рис. 18

Підставивши в основне рівняння одержаний вираз для маси, матимемо:

$$k = abcgx\rho h/H.$$

Очевидно, що для зменшення похибки спочатку слід одержати експериментально значення x, а потім h та H (щоб на пружину встановлювався ще не змочений водою брусок). Вимірювання ж розмірів бруска може бути здійснено будь-коли. Виконані обчислення дозволять дати відповідь на поставлене в задачі запитання.

Задача 29. Визначити коефіцієнт жорсткості гумової нитки.

Обладнання: гумова нитка довжиною 15…30 см з петлями на обох кінцях, металевий циліндр з набору по теплоємності, посудина з водою, вимірювальна лінійка.

Значення густини металу використовувати не можна.

Р о з в’ я з а н н я. Підвісимо металевий циліндр на гумовій нитці. Стан його рівноваги можна описати рівнянням:

$$mg = kx_1,$$

де m – маса циліндра, g – прискорення вільного падіння, k – коефіцієнт жорсткості нитки, x_1 – її деформація.

Якщо ми опустимо циліндр у воду, то на нього ще додатково діятиме виштовхувальна сила. Цей стан рівноваги вже можна описати таким рівнянням:

$$mg - \rho gV = kx_2,$$

де ρ - густина води, V – об’єм тіла, x_2 – відповідна деформація гумової нитки.

Розв’яжемо систему рівнянь відносно коефіцієнта жорсткості нитки:

$$k = \rho gV/(x_1 - x_2).$$

Розписавши об’єм циліндра V через його розміри (діаметр d та висоту h), одержимо кінцеву формулу для знаходження коефіцієнта жорсткості гумової нитки:

$$k = \rho gh\pi d^2/4(x_1 - x_2).$$

Для виконання обчислень необхідно лише виміряти діаметр циліндра d, його висоту h, а також деформації гумової нитки x_1 та x_2.

Задача 30. Визначити коефіцієнт тертя дерев’яного бруска по горизонтальній кришці столу.

Обладнання: дерев’яний брусок, вимірювальна лінійка.

Р о з в’ я з а н н я. Прикладемо до однієї з бокових граней бруска горизонтально направлену силу F, під дією якої брусок вдасться зрушити з місця (рис. 19) .

Якщо ж цю силу прикласти на певній висоті h від основи бруска, то він буде перекидатись через відповідне ребро. Це означає, що момент сили F відносно осі, яка проходить через дане ребро, більший від моменту сили тяжіння mg, що діє на брусок відносно тієї ж осі, але в протилежному напрямі. Можна експериметально знайти найменшу висоту h, при якій дані моменти сил будуть рівними (тіло почне перекидатись):

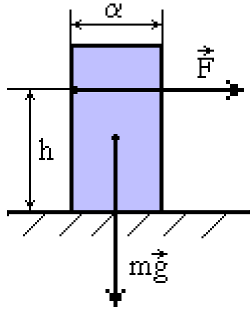


Рис. 19

$$Fh = mg\alpha/2,$$

де а – довжина ребра бруска, перпендикулярного до осі обертання.

Якщо прийняти до уваги те, що

$$F = F_т = \mu mg,$$

де $F_т$ – сила тертя, розписана далі через коефіцієнт тертя μ, масу тіла m та прискорення вільного падіння g, то

$$\mu mgh = mg\alpha/2,$$

звідки

$$\mu = \alpha/2h.$$

Вимірявши α та h, можна обчислити коефіцієнт тертя бруска по горизонтальній поверхні.

Примітка**:** *Можна дати учням додаткове завдання: нанести на бічну грань бруска шкалу, проградуйовану в значеннях коефіцієнта тертя. Тобто перетворити його в прилад, який би дозволяв вимірювати коефіцієнти тертя цього бруска по інших поверхнях.*

Задача 31. Визначити коефіцієнт тертя ковзання дерев'яного бруска по кришці столу.

Обладнання: дерев'яний брусок з гачком, стальна пружина з гачком, вимірювальна лінійка.

Р о з в' я з а н н я. З'єднаємо між собою гачки пружини та бруска. Тримаючи пружину за вільний кінець (якщо вона є елементом динамометра, то за його дощечку), рівномірно протягуємо брусок по кришці столу.

Оскільки, в даному випадку силу пружності, яка виникає в пружині внаслідок її деформації, можна вважати рівною за величиною силі тертя ковзання, то цей рух можна описати рівнянням:

$$F_{пр.} = F_т$$

або

$$kx_1 = \mu mg,$$

де k – коефіцієнт жорсткості пружини, x_1 її видовження, m – маса бруска, g – прискорення вільного падіння.

Далі брусок підвішуємо на пружині вертикально. Стан його спокою, в даному випадку, можна описати наступним рівнянням:

$$mg = kx_2,$$

де x_2 – видовження пружини.

Розв'язання системи цих двох рівнянь дозволить одержати формулу для знаходження коефіцієнта тертя:

$$\mu = x_1/x_2.$$

Вимірявши в ході експерименту видовження пружини при рівномірному протягуванні бруска по кришці столу x_1 та видовження пружини при його підвищуванні x_2, обчислимо шукану величину.

<u>Примітки.</u>

1. Очевидно, що вимірювання видовжень пружини можна здійснювати у будь-яких одиницях. Це означає, що замість лі-

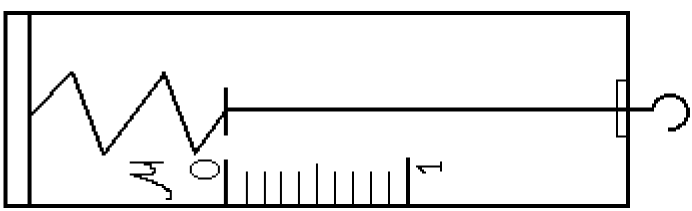


Рис. 20

нійки до обладнання можна включати міліметровий папір, папір в клітинку з учнівських зошитів тощо.

2. Замість пружини в задачі можна використовувати також гумові нитку або шнур.

3. Процес розв'язання задачі доцільно використати для подальшої роботи учнів, спрямованої на конструювання приладу для вимірювання коефіцієнта тертя (3, с.31) (рис. 20) .

Задача 32. Визначити коефіцієнт тертя дерев'яного бруска по горизонтальній дощечці.

Похилою площиною для знаходження коефіцієнта тертя при розв'язуванні даної задачі користуватись не можна.

Обладнання: дерев'яний брусок (без гачка чи вушка), нормально розтягнута пружина з жорсткістю близько 50 Н/м, дощечка довжиною біля 30 см з гладенькими поверхнями, стрічка чистого паперу, канцелярська кнопка, олівець.

Р о з в' я з а н н я. Дощечку з прикріпленою стрічкою паперу встановимо вертикально. Поруч з нею поставимо пружину і відмітимо на папері положення її верхнього кінця.

Далі покладемо на пружину брусок і відмітимо положення кінця вже стиснутої під дією на нього сили тяжіння пружини (рис. 21) . Відрізок між цими точками буде дорівнювати величині деформації пружини x.

Потім покладемо дощечку горизонтально одним кінцем до вертикальної стінки (стінки коробки, бруска тощо). До цієї стінки приставимо одним кінцем пружину, стиснемо її бруском на ту ж саму величину x і різко відпустимо брусок. За рахунок енергії деформованої пружини виконається механічна робота: тіло переміститься на відстань l (рис. 22) . Це можна описати рівнянням:

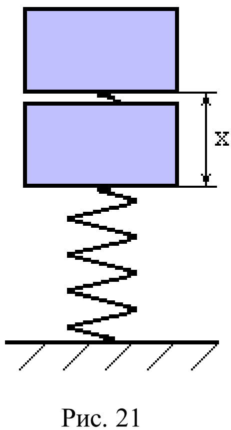


Рис. 21

$$kx^2/2 = F_T l,$$

де k – коефіцієнт жорсткості пружини, F_T – сила тертя ковзання бруска по дошці, а l – відстань, на яку переміститься брусок вздовж дошки.

У зв'язку з тим, що

$$F_T = \mu mg,$$

де μ - коефіцієнт тертя, m – маса бруска, g – прискорення вільного падіння, рівняння буде мати вигляд:

$$kx^2/2 = \mu mgl.$$

Повернувшись до випадку, коли ми ставили брусок на пружину, запишемо рівняння:

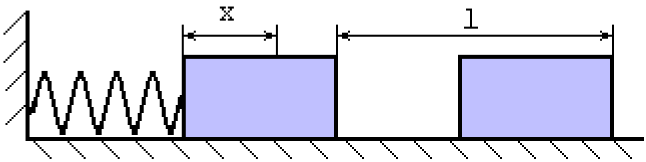


Рис. 22

$$mg = kx.$$

Розв'язавши систему двох останніх рівнянь, одержимо:

$$\mu = x/2l.$$

Звідси видно, що для обчислення коефіцієнта тертя нам необхідно експериментально одержати лише величину деформації пружини x та відстань l, яку пройде тіло по дощечці. Зробити це можна стиснутою пружиною, прийнявши за одиницю вимірювання одну дротинку.

Задача 33. Визначити коефіцієнт тертя дерев'яного бруска по дерев'яній дощечці.

Обладнання: дерев'яний брусок з гачком або вушком, гумова нитка, дошка із забитим гвіздком, вимірювальна лінійка.

Користуючись похилою площиною для визначення коефіцієнта тертя при розв'язанні даної задачі не можна.

Р о з в' я з а н н я. Один кінець нитки прив'яжемо до гачка бруска, а інший – до забитого в дошку або стінку гвіздка.

Діючи на брусок, розтягуємо нитку на величину x_1 (рис. 23), а потім брусок різко відпускаємо. При цьому за рахунок потенціальної енергії деформованої гумової нитки, виконається робота по переміщенню бруска на відстань l (рис. 24), що можна описати рівнянням:

$$kx_1^2/2 = F_т l,$$

де k – коефіцієнт жорсткості гумової нитки. x_1 – її деформація, $F_т$ – сила тертя.

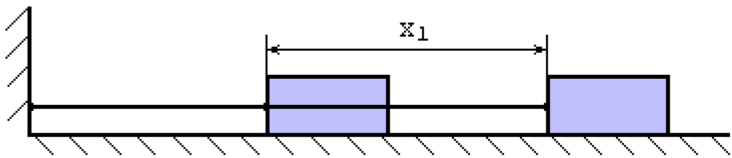


Рис. 23

Так як

$$F_т = \mu mg,$$

де μ - коефіцієнт тертя, m – маса бруска, g – прискорення вільного падіння, то

$$kx_1^2/2 = \mu mgl.$$

Якщо ми брусок підвісимо вертикально на цій же нитці (не

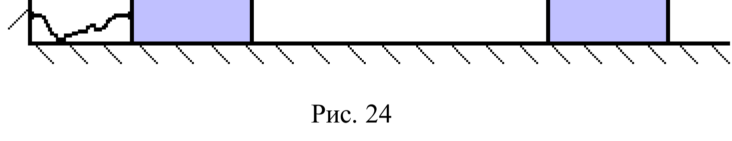


Рис. 24

відв'язуючи її від вушка та гвіздка), то сила тяжіння, яка діє на брусок, буде врівноважуватись силою пружності:

$$mg = kx_2$$

де x_2 – деформація нитки при підвішуванні на ній бруска.

Розв'язавши систему двох рівнянь, одержимо:

$$\mu = x_1^2/2x_2l.$$

При умові, що $x_1 = x_2$, чого досить легко досягти в ході експерименту, одержимо формулу, схожу на ту, що вже мали в попередній задачі № 32 (з пружиною):

$$\mu = x_2/2l.$$

Задача 34. Яка кількість механічної енергії м'ячика, що вільно падає з висоти 1 м, під час удару його об кришку столу перетвориться у внутрішню?

Обладнання: м'ячик, терези з набором тягарців, метрова лінійка з сантиметровими поділками.

Р о з в' я з а н н я. На висоті 1 м повна механічна енергія м'ячика дорівнює його потенціальній енергії:

$$E_{п1} = mgh_1.$$

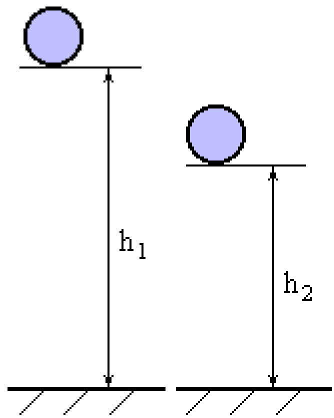


Рис. 25

Після зіткнення з кришкою столу частина механічної енергії перетвориться у внутрішню енергію м'ячика та столу. Такий висновок можна зробити на основі того, що м'ячик підскочить на меншу висоту h_2 і його повна механічна енергія на цій висоті вже дорівнюватиме:

$$E_{п2} = mgh_2.$$

Зрозуміло, що рівняння для знаходження цієї внутрішньої енергії буде таким:

$$U = mg(h_1 – h_2).$$

Задача 35. Яка частина механічної енергії м'ячика, що вільно падає з певної висоти, під час зіткнення його з кришкою столу, перетворюється у внутрішню? Чи залежить це від висоти падіння?

Обладнання: тенісний м'ячик, метрова вимірювальна лінійка.

Р о з в' я з а н н я. Кількість механічної енергії, що перетворюється у внутрішню, можна знайти так, як це робиться у задачі № 34:

$$U = mg(h_1 – h_2).$$

Поділивши почленно дане рівняння на рівняння повної механічної енергії

$$E_{п1} = mgh_1,.$$

одержимо вираз для знаходження відповіді на поставлене в задачі запитання:

$$U/E_{п1} = (h_1 – h_2)/h_1.$$

Експериментальна частина задачі простіша, ніж у попередній задачі (№ 34). Достатньо лише виміряти дві висоти: з якої м'ячик падає та на яку підскакує.

Очевидно, для того, щоб відповісти на друге запитання задачі, необхідно провести серію подібних експериментів та наступних обчислень.

Задача 36. Яку максимальну потенціальну енергію може мати стиснута пружина?

Обладнання: нормально розтягнута пружина, дерев'яний брусок, вимірювальна лінійка, динамометр.
Густину деревини вказуємо самі або надаємо учням можливість скористатись відповідною таблицею.

Р о з в' я з а н н я. Умову рівноваги покладеного на вертикально вставлену пружину тіла можна описати рівнянням:

$$mg = kx,$$

звідки

$$k = mg/x,$$
де k – коефіцієнт жорсткості пружини, m – маса бруска, g – прискорення вільного падіння, x – деформація пружини.

Виразивши масу бруска через довжини відповідних ребер та густину деревини, матимемо формулу для знаходження коефіцієнта жорсткості пружини:

$$k = \rho abcg/x.$$

Потім виміряємо лінійкою максимальну деформацію стиску пружини x і за формулою

$$E_п = kx^2/2$$

обчислимо найбільше значення потенціальної енергії, яку може мати дана пружина.

Задача 37. Якої швидкості ви надали бруску для того, щоб він пройшов по трибометру деяку відстань?

Обладнання: дерев'яний брусок, трибометр, вимірювальна лінійка.

Р о з в' я з а н н я, Якщо брусок масою m почав рухатись зі швидкістю v (рис. 26), то його кінетична енергія:

$$E_к = mv^2/2.$$

Зрозуміло, що згодом вона витратиться на механічну роботу,

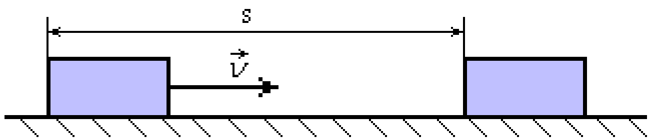


Рис 26

яка виконається під дією сили тертя $F_т$. Тоді:

$$mv^2/2 = F_т s$$

або

$$mv^2/2 = \mu mgs,$$

звідки

$$v = \sqrt{2\mu gs}.$$

Коефіцієнт тертя можна знайти, користуючись похилою площиною ($\mu = tg\alpha$), а пройдений тілом шлях s виміряти лінійкою. Підставивши ці дані та значення прискорення вільного падіння в одержану формулу знайдемо необхідну нам величину.

Задача 38. У якому випадку витрати енергії будуть більші: коли вибудете тягнути кубик по горизонтальній поверхні, чи коли будете його переміщувати на ту ж саму відстань шляхом кантування (перекиданням через ребро)?

Обладнання: дерев'яний кубик (можна й з іншого матеріалу), вимірювальна лінійка.

Р о з в' я з а н н я. Нехай спочатку кубик переміщується кантуванням. Якщо ми його поставимо на ребро так, щоб центр мас був у найвищому положенні (рис.27) , то достатньо буде незначного зусилля для перекидання його у бік руху. Для такого під-

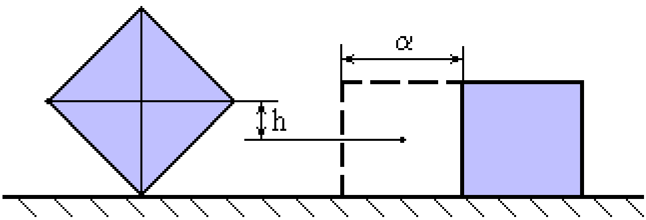


Рис. 27

йому кубика необхідно виконати роботу:

$$A_1 = mgh,$$

де m – маса кубика, а h – висота підйому його центру мас.

Цю висоту h можна знайти як різницю між половиною діагоналі однієї з граней кубика, вираженої через довжину ребра α, та половиною його ребра α:

$$h = \alpha\sqrt{2}/2 - \alpha/2 \approx 0{,}21\alpha,$$

Підставивши одержане значення висоти у попереднє рівняння, матимемо:

$$A_1 \approx 0{,}21mg\alpha.$$

Очевидно, що після одного перекидання кубик переміститься на відстань α.

Вираз для знаходження роботи по переміщенню кубика на цю ж відстань перетягуванням буде таким:

$$A_2 = F\alpha = \mu mg\alpha,$$

де μ - коефіцієнт тертя кубика об горизонтальну поверхню.

Допустивши, що значення робіт у обох випадках однакові, тобто $A_1 = A_2$, прирівняємо праві частини цих рівнянь:

$$0{,}21mg\alpha \approx \mu mg\alpha,$$

звідки

$$\mu \approx 0{,}21.$$

На основі цього можна прийти до висновку про те, що у тому випадку, коли $\mu > 0{,}21$ кубик слід переміщати кантуванням. Якщо ж $\mu < 0{,}21$, його краще тягнути.

Для одержання відповіді на поставлене в задачі запитання залишається лише визначити коефіцієнт тертя кубика по горизонтальній поверхні. Зробити це можна будь-яким способом: за допомогою похилої площини або з використанням правила моментів сил (як це описано в задачі № 30).

<u>Примітка:</u>**.** *В тому випадку, коли ми будемо користуватись останнім способом, для кубика найбільше значення висоти h, на якій можна прикласти силу для його перекидання, не може перевищувати довжини ребра α. Перекидатись же кубик буде лише при $\mu > 0{,}5$ ($\mu = \alpha/2h$). Тому, готуючи обладнання для виконання експерименту, слід подбати про те, щоб кубик перекидався вказаним способом. Для цього його слід рухати, наприклад, по шорсткій паперовій поверхні, гумі тощо.*

Задача 39. Визначити ККД похилої площини. Дослідити експериментально, чи залежить він від кута її нахилу до горизонту

Обладнання: дерев'яні дощечка та брусок, динамометр, транспортир, вимірювальна лінійка.

Р о з в' я з а н н я. Похила площина, як відомо відноситься до простих механізмів, які дозволяють мати виграш у силі при виконанні механічної роботи.

Для піднімання тіла на висоту h, необхідно виконати роботу:

$$A = mgh.$$

У випадку переміщення тіла на ту ж висоту h по похилій площині, ми повинні прикладати до нього силу F (рис. 28) . Зрозуміло, що при цьому ми програємо у відстані.

Рівняння для цієї роботи (повної) буде таким:

$$A_п = Fl,$$

де l – довжина похилої площини.

Тоді ККД похилої площини можна знаходити за такою формулою:

$$\eta = mgh/Fl.$$

Зваживши брусок та знаходячи при різних кутах нахилу похилої площини α значення сили F (вимірюємо динамометром), висоти h та довжини похилої площини l (вимірюємо лінійкою), одержуватимемо відповідні значення ККД даного простого механізму.

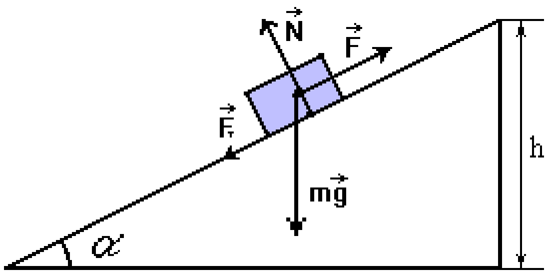


Рис. 28

Досліджувану залежність можна зобразити в осях α - η.

Цікаво буде порівняти графіки для різних поверхонь площини та тіла (для різних значень коефіцієнта тертя).

Задача 40. Визначити коефіцієнт тертя шнура по кришці столу.

Обладнання: гнучкий шнур довжиною 30…80 см, вимірювальна лінійка.

Р о з в' я з а н н я. Покладемо на стіл шнур так, щоб частина його зависала вниз (рис. 29) . Потім виберемо таке критичне положення шнура, при якому він сам почне ковзати вниз під дією сили тяжіння m_1g, прикладеної до його звисаючої частини. Сила тяжіння m_2g, яка діє на ту частину шнура, що знаходиться ще на кришці столу, притискає його до горизонтальної поверхні, тобто є силою нормального тиску.

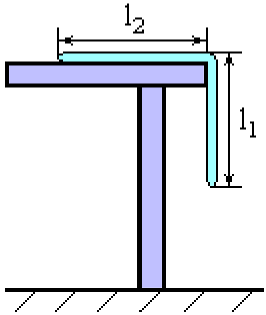


Рис. 29

Враховуючи, що

$$F_т = \mu N,$$

можна записати таке рівняння:

$$m_1g = \mu m_2g.$$

Розпишемо масу обох частин шнура через густину ρ, площу поперечного перерізу S та їх довжини l_1 та l_2:

$$\rho S l_1 = \mu \rho S l_2,$$

звідки

$$\mu = l_1/l_2.$$

Отож, для виконання обчислень необхідно лише зняти лінійні розміри відповідних частин шнура.

Задача 41. Визначити частоту обертання диска.

Обладнання: диск, який може обертатись з постійною швидкістю (можна фанерний або картонний диск, який поміщається на диск програвача), дерев'яний кубик з ребром довжиною близько 1 см, вимірювальна лінійка.

Р о з в' я з а н н я. Прискорення α тілу масою m, яке знаходиться на диску, що обертається навколо власної осі, надає тертя $F_т$ (рис. 30) . У зв'язку з цим, можна записати рівняння:

$$F_т = m\alpha.$$

Для даного випадку

$$F_т = \mu mg,$$

тоді

$$\mu mg = m\alpha$$

або

$$\mu g = \alpha.$$

Якщо врахувати, що доцентрове прискорення, з яким рухається тіло,

$$\alpha = v^2/r,$$

а його лінійна швидкість

$$v = 2\pi rn,$$

то

$$n = \sqrt{\mu g/r}\ /2\pi,$$

де n – частота обертання диска, r – радіус кола, по якому рухається тіло, μ - коефіцієнт тертя тіла по диску, g – прискорення вільного падіння.

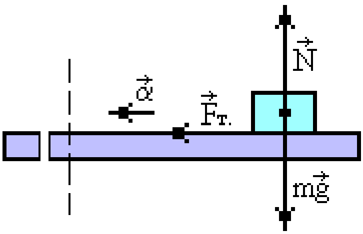


Рис. 30

Для виконання обчислень слід виміряти відстань від центру диска до тіла, на якій воно ще може утримуватись на диску, а також максимальне значення коефіцієнта тертя спокою. Останнє можна зробити за допомогою похилої площини (диска) та лінійки.

Покладемо на диск тіло. Один край диска будемо піднімати до тих пір, аж поки тіло не почне ковзати по ньому (похилій площині) вниз. За тангенсом кута нахилу диска до горизонту і визначимо необхідний нам коефіцієнт тертя спокою.

Примітка**:** *Можна дати також учням завдання на розробку та виготовлення відповідного приладу для вимірювання коефіцієнта тертя (4).*

Задача 42. Визначити масу лінійки.

Обладнання: вимірювальна лінійка, важок відомої маси (1…5 г), круглий стержень (олівець).

Р о з в’ я з а н н я. Встановимо на кінці горизонтально розміщеної лінійки важок масою m_1 (рис. 31). Потім переміщуючи під лінійкою круглий стержень. Підберемо таке положення осі обертання, при якому вся система перебуватиме в рівновазі. При цьому момент сили тяжіння m_1g, яка діє на важок, дорівнюватиме моменту сили тяжіння m_2g, яка прикладена до центру мас лінійки:

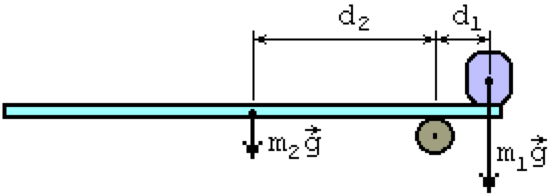


Рис. 31

$$m_1gd_1 = m_2gd_2.$$

Звідси:

$$m_2 = m_1d_1/d_2.$$

Відлічивши прямо по шкалі лінійки величини плечей d_1 та d_2, обчислимо її масу.

Задача 43. Визначити положення центру мас довгої неоднорідної палиці.

Обладнання: неоднорідна палиця довжиною 0,5…0,8 м (можна використати указку).

Р о з в’ я з а н н я: 1. Шляхом спроб можна знайти на палиці місце, поклавши яким на палець чи ребро долоні, вдасться привести її до стану рівноваги. Центр мас палиці буде знаходитись над ребром долоні.

Р о з в’ я з а н н я 2. Можна покласти палицю горизонтально на ребра долонь обох рук і потім почати повільно їх наближати. Ребра долонь завжди зійдуться під центром мас палиці (рис. 32).

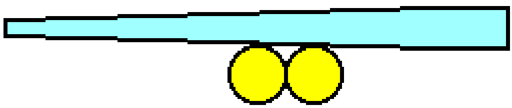


Рис. 32

Пояснити це можна так. Коли ребро однієї долоні наближається до центру мас палиці, то сила тиску на ребро зростає. Це приводить до збільшення сили тертя і рух даної руки відносно палиці припиняється. Сила ж тиску палиці на ребро іншої руки при цьому зменшується, що приводить до зменшення сила тертя палиці по ребру цієї долоні. Внаслідок цього, вона рухається до центру мас палиці. Через декілька таких “кроків” ребра долонь зійдуться під центром її мас. Це є цікавим прикладом саморегульованості процесу.

Задача 44. Знайти довжину нитки.

Обладнання: нитка довжиною 1…1,5 м., металева гайка, секундомір.

Р о з в’ я з а н н я. Протягнемо через отвір гайки нитку і зведемо між собою її кінці. Візьмемо ці кінці в руку і надамо гайці можливість повиснути на такій подвійній нитці. Ми одержали маятник довжиною l_1. Період його коливань:

$$T = 2\pi\sqrt{l_1/g}$$

Враховуючи, що

$$l_1 = l/2,$$

де l – довжина нитки та

$$T = t/N,$$

де T – період коливань маятника, виражений через час t та кількість коливань N, які він здійснить протягом цього часу матимемо:

$$l = t^2g/2N^2\pi^2.$$

Задача 45. Визначити площу столу.

Обладнання: секундомір або годинник, котушка ниток.

Р о з в’ я з а н н я. Спочатку зробимо з ниток та котушки маятник, довжина б якого дорівнювала довжині столу. Порахувавши кількість коливань N, яку він зробить за певний проміжок часу t, за формулою T = t/N обчислимо період його коливань.

Потім рівняння періоду коливань нитяного маятника

$$T = 2\pi\sqrt{l/g}$$

розв'яжемо відносно його довжини:

$$l = T^2g/4\pi^2.$$

Скориставшись одержаним раніше значенням періоду коливань T, обчислимо довжину маятника.

Таким же чином знайдемо і ширину столу. Перемноживши довжини обох маятників, дамо відповідь на поставлене в задачі запитання.

Задача 46. Визначити середню швидкість іграшкового автомобіля.

Обладнання: іграшковий автомобіль з пружинним або електричним двигуном, нитка, вимірювальна лінійка, металева або пластмасова кулька з отвором.

Р о з в' я з а н н я. Для визначення швидкості автомобіля скористаємось відомою формулою:

$$v = s/t.$$

Зрозуміло, що для виконання обчислень нам необхідно мати значення пройденого тілом шляху s за певний проміжок часу t.

Якщо рух буде прямолінійним, то цей шлях можна виміряти лінійкою.

Для відліку часу з нитки та кульки виготовимо секундний маятник.

Формулу для розрахунку довжини l такого маятника одержимо з рівняння періоду його коливань:

$$T = 2\pi\sqrt{l/g},$$

звідки

$$l = gT^2/4\pi^2.$$

і

$$l = 9{,}8\ \text{м/с}^2 \cdot 1^2\text{с}^2/4 \cdot 3{,}14^2 \approx 0{,}25\ \text{м}.$$

Л і т е р а т у р а:

1. Антипин И. Г. Экспериментальные задачи по физике в 6-7 класах. – М.: Просвещение, 1974. – 127 с.
2. Гончаренко С. У., Коршак Є.В. Готуємось до фізичних олімпіад. – К.: ІСДО, 1995. – 312 с.
3. Давиден А. А. Изобретательские задачи в школьном курсе физики: Пособие для учителей. – Чернигов: Десна, 1996. – 96 с.
4. Давидьон А. А. Від задачі – до винаходу // Кварк. – 1986. N 1-2. – с. 44-46.
5. Довнар Э. А., Курочкин Ю. А., Сидорович П. Н. Экспериментальные олимпиадные задачи по физике. – Мн.: Нар. асвета, 1981. – 96 с.
6. Зибер В. А. Задачи-опыты по физике. – Л.: Учпедгиз, 1955. – 188 с.
7. Иваненко А. Ф., Махлай В. А., Богатырев О. Н. Экспериментальные и качественные задачи по физике. – К.: Рад. шк., 1987. – 144 с.
8. Кабардин О. Ф., Орлов В. А. Международные физические олимпиады школьников / Под ред. В. Г.Разумовского. – М.: Наука, 1985. – 160 с.
9. Кольчевская Е. П. Экспериментальные задачи по физике для 6-7 классов. – Мн: Нар. асвета. 1974. – 124 с.
10. Ланге В. Н. Экспериментальные задачи по физике на смекалку. – М.: Наука, 1985. – 128 с.
11. Мошков С. С. Экспериментальные задачи по физике в средней школе. – М.: Учпедгиз, 1955. – 202 с.

З М І С Т