

піднімається. Звідси випливає, що рівень  $h_1 = 60$  мм є точкою стійкої рівноваги, якщо капіляр ледь занурили у воду, то вона підніметься сааме до цього рівня. Якщо ж повністю занурений капіляр повільно витягти з води, то він залишиться повністю заповненим водою:  $h = L = 130$  мм.

4. На тороїдальне осердя, виготовлене з матеріалу з дуже великою магнітною проникністю, намотані дуже тонким проводом дві котушки - з числом витків 500 і 510. При вимірюванні індуктивності першої з котушок на постійному струмі отримали величину 20 Гн. Яка індуктивність другої котушки?

Струм, що протікає через котушку, створює у ній магнітне поле  $B \sim nI$ . Повний магнітний потік через котушку  $\Phi \sim nB \sim n^2 I$ . Оскільки котушки намотані на спільне тороїдальне осердя, то геометричні фактори, що впливають на величину потоку, створеного струмом, одна-

кові й при однакових струмах  $\frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \frac{L_1}{L_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2}$ . Отже,  $L_2 = \frac{n_2^2}{n_1^2} L_1 = 20.81$  Гн.

### Практичний тур

#### 8 клас

На світлині зображена блискавка, яка дуже швидко проходить шлях від хмари до землі. Упродовж якого часу буде чути гуркіт грому людині, яка на світлині зображена точкою А? Масштаб світлини такий, що 1 см на ньому відповідає 200 м. Швидкість звуку в повітрі – 330 м/с. Вважати, що джерелом грому є точки, де блискавка входить у землю.

Припустимо, що людина їде на автомобілі від блискавки зі швидкістю 30 м/с. Упродовж якого часу вона чутиме гуркіт грому в цьому випадку?



З світлини в завданні випливає, що найближча до людини точка блискавки перебуває на позначці 5,3 см, а найвіддаленіша – на позначці 13,5 см. З урахуванням масштабу відстань між цими позначками –  $8,2 \cdot 200$  м. Отже, між початком і кінцем гуркоту грому мине час  $\frac{8,2 \cdot 200}{330} \approx 5$  (с). Зазначимо, що відповідь була б такою ж, якби людина знаходилась над позначками 0, 2, 3, 4, 5 см, аж впритул до позначки 5,3 см, а також за позначкою 13,5 см. Якщо людина їде

на автомобілі від блискавки, час між початком та кінцем гуркоту грому буде більшим, оскільки з моменту, коли звук від позначки 5,3 см досягне автомобіля, той продовжуватиме віддалятися зі швидкістю 30 м/с – від звукового сигналу, який йде з позначки 13,5 см. Звук надоганятиме автомобіль із відносною швидкістю  $(330 - 30) \text{ м/с} = 300 \text{ м/с}$  і наддожене через час  $\frac{8,2 \cdot 200}{300} \approx 5,5 \text{ (с)}$ .

### 8, 9 класи

Визначте густину аркуша паперу. Відомо, що маса гайки дорівнює 2,0 г.

Спочатку визначимо масу аркуша. Для цього звернемо аркуш вздовж довгої стороні у вигляді жорсткої трубки трикутного перерізу (сторона трикутника трохи більша за діаметр гайки). Далі покладемо гайку в трубку так, щоб в трубці знаходилася тільки половина гайки. Розмістивши трубку перпендикулярно до краю стола, повільно висуваємо той кінець що без гайки. Як тільки вільний кінець починає переважувати, припиняємо рух трубки і розраховуємо за допомогою клітинок аркушу відстань  $d_2$  та  $d$  (див. рис. 1).

Запишемо умову рівноваги:

$$m_a g d_1 = m g d_2, \quad (1)$$

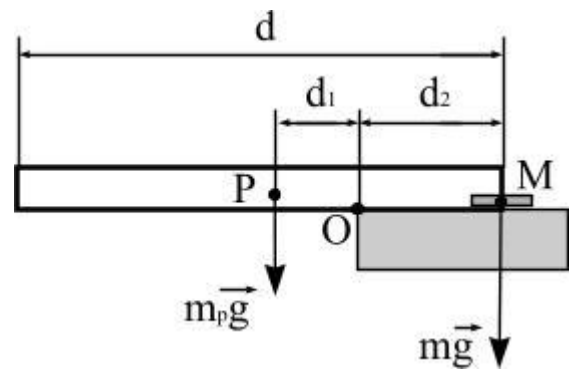
де  $m_a$  і  $m_g$  – маси аркушу і гайки відповідно.

Враховуючи, що  $d_1 = d/2 - d_2$  отримаємо:

$$m_a = \frac{2d_2 m_g}{(d - 2d_2)}. \quad (2)$$

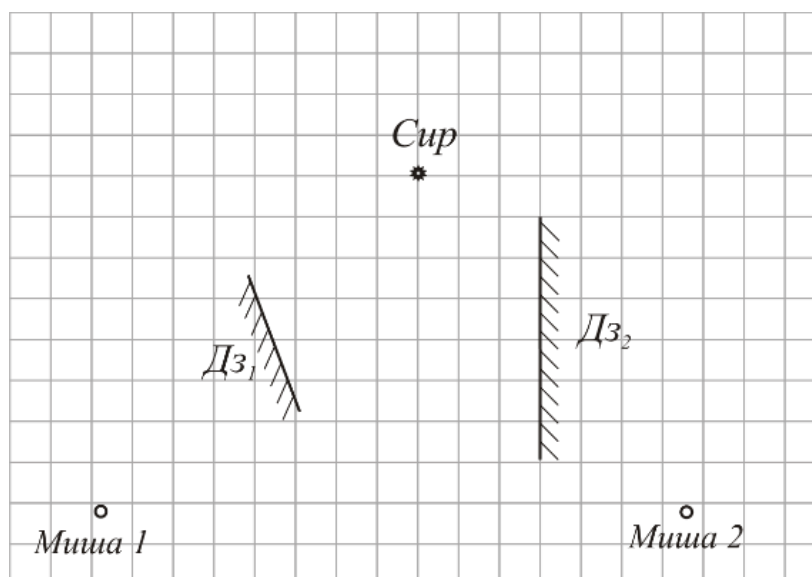
Об'єм аркушу знайдемо, як добуток його площі на товщину. Площа  $S = a \cdot d$ , де  $a$  – ширина аркушу.

Товщину аркушу знайдемо за допомогою методів рядів, склавши його у кілька шарів. Густина аркушу за результатами вимірювань  $\rho_a \approx 0,75 \div 0,8 \text{ г/см}^3$ .



### 9 клас

На рисунку, доданому до умови, зображені дві миші, два дзеркала і шматок сиру (сир позначений зірочкою, мишки – точками). Якщо миша бачить сир, вона починає бігти до нього вздовж прямої. Якщо миша бачить зображення сиру в дзеркалі, вона починає бігти вздовж прямої до зображення. Якщо миша бачить одночасно й сир, і зображення сиру (або кілька зображень сиру), вона біжить до того, що ближче. Миші стартували одночасно та біжать однаково швидко. Яка миша дістанеться до сиру швидше та у скільки разів? Задачу розв'язати графічно за допомогою лінійки.



З рисунка зрозуміло, що жодна миша в початковій точці не бачить сир. Побудуємо зображення сиру в кожному дзеркалі. Опустимо з точки, де знаходиться сир, перпендикуляр на площину дзеркала й продовжимо настільки ж цей перпендикуляр за дзеркало. При побудові  $Z_1$  (зображення сиру в дзеркалі  $D_{31}$ ) і при побудові  $Z_2$  (зображення сиру в дзеркалі  $D_{32}$ ) доводиться продовжити лінії, які зображують дзеркала (рис. 1а).

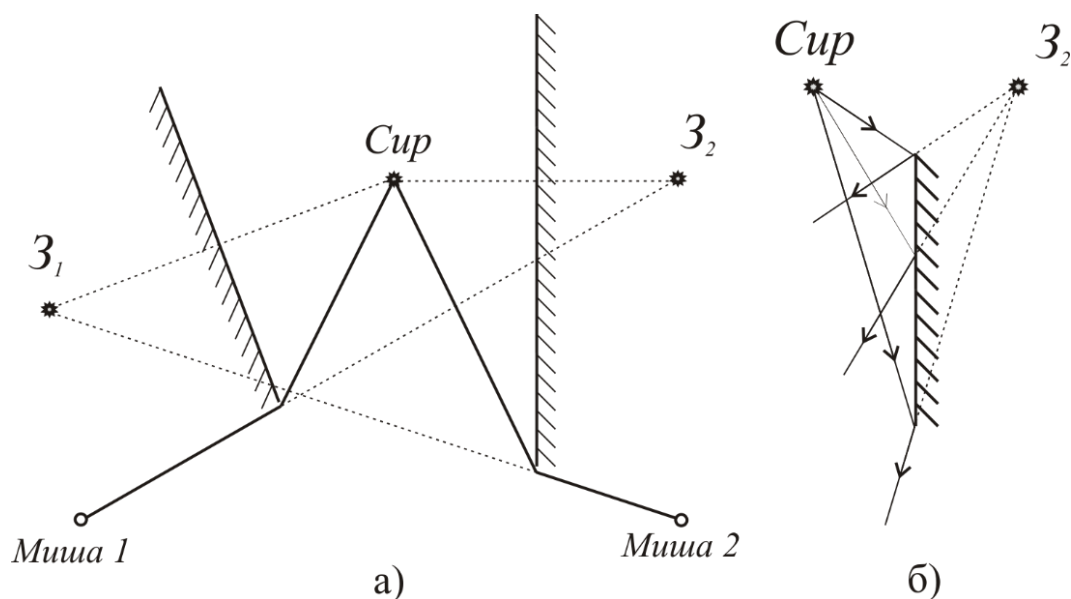
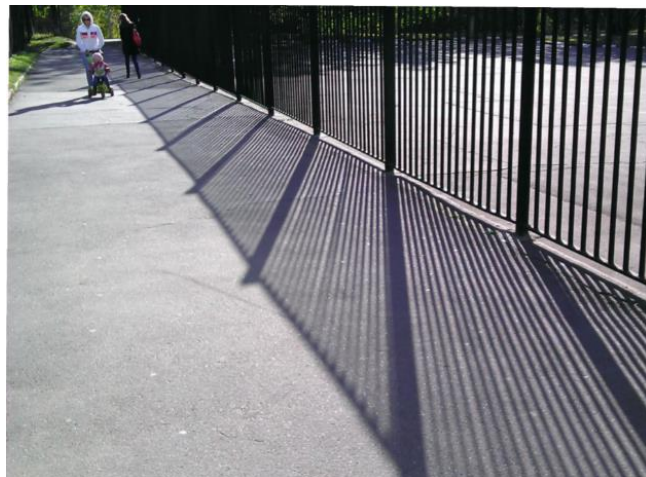


Рис. 1

Той факт, що перпендикуляри опущені не на самі дзеркала, а на їх продовження, ніяк не вплине на розташування зображення. Розмір дзеркала вплине лише на те, звідки можна побачити зображення. В нашому випадку сир можна побачити тільки з області, куди потрапляють відбиті від дзеркала промені (рис. 1б), а, наприклад, в точці, де розташований сам сир, сир в дзеркалі не видно. Іншими словами, дзеркало відіграє роль "вікна", через яке спостерігач наче намагається розглянути зображення за дзеркалом. Маленький розмір цього "вікна" призводить до того, що "заглянути за дзеркало" можливо не звідусіль. Проте, незалежно від того, де бачать відбиті промені, а де ні, вони відображаються так, немов вийшли з точки  $Z_2$  за дзеркалом. Отже, спочатку миша 1 буде бігти до точки  $Z_2$ , а миша 2 – до точки  $Z_1$ . В певний момент (свій для кожної миші) вони побачать сир з краю дзеркала. У цей момент за умовою завдання миша змінить напрямок руху до сиру. На рис. 1 показана траєкторія руху кожної миші. За допомогою лінійки знайдемо довжини шляхів та їх відношення.

### 10 клас

На світлині (рис. 3) зображені люди та частина паркану. Графічно знайдіть положення Сонця та верхнього краю паркану. Всі побудови проводити безпосередньо на аркуші зі світлиною та по закінченню туру здайте його разом з роботою. У своєму зошиті надайте необхідні пояснення.



Світлові промені поширюються прямолінійно. Ліворуч на світлині зображено кілька людей



разом з тінями, які вони створюють. Повністю видно тінь дівчини, яка віддаляється. Через вершини її голови й тіні проведемо пряму 1, на якій буде лежати зображення Сонця (рис. 1). Теж справедливо, наприклад, для дитини в колясці та його тіні. Якщо на світлині тінь від якогось прута паркану й прут лежать на одній прямій, то на цій же прямій знаходиться зображення Сонця. Знайдемо на світлині найбільш зручний прут і проведемо через нього лінію 2. На перетині ліній 1 і 2 лежить зображення Сонця. Позначимо цю точку  $S$ . Знаючи положення Сонця, можна відновити положення й верхнього краю паркану. Проведемо пряму через верхівку тіні, яку утворює один зі стовпів і точку  $S$ . Проведемо також пряму, яка є продовженням цього стовпа. На перетині двох цих прямих лежить вершина стовпа (точка  $A$ ). Аналогічно можна знайти вершину іншого стовпа (точка  $B$ ) та через дві ці точки провести пряму, яка відповідає верхньому краю стовпа. Ця пряма повинна також про-

ходити через точку  $C$  – перетин прямих, які є продовженнями тіні верхнього й нижнього країв паркану. Ця точка також може бути використана для відновлення верхнього краю паркану.

### 10, 11 класи

*Невелике тіло відпустили без початкової швидкості в деякій точці  $M$  гладенького вигнутого*

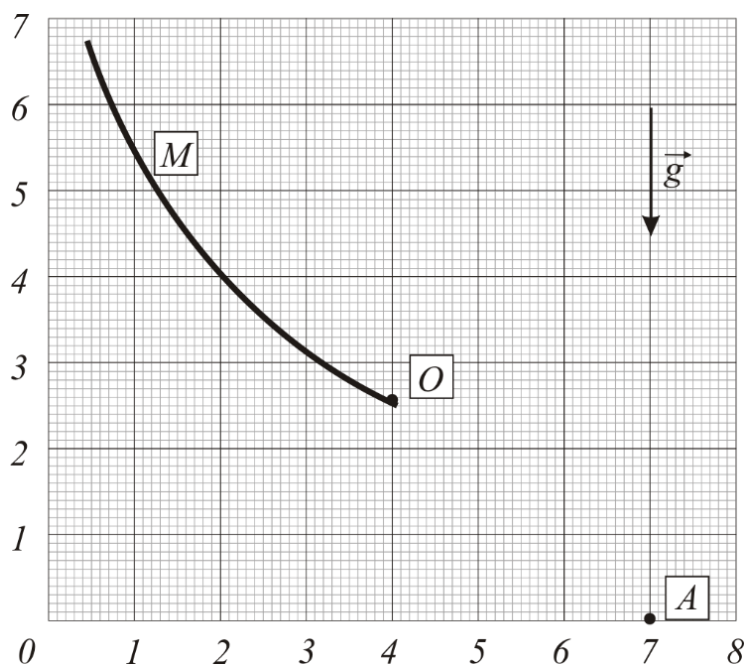


Рис. 2

жолоба. Відірвавшись від жолоба в точці  $O$ , воно впало на підлогу в точці  $A$  (рис. 2). За допомогою побудов і розрахунків, покажіть на рисунку положення точки  $M$  жолоба, в якій тіло було відпущено. Яка відстань (в умовних одиницях) від підлоги до точки  $M$ ? Масштаби по осях рисунка подані в деяких умовних одиницях.

Проведемо дотичну  $l$  в нижній точці жолоба  $O$ , а також горизонтальну лінію через ту ж саму точку. З точки  $A$  проведемо вертикальну лінію, що перетинає дотичну в точці  $B$  і горизонтальну лінію – в точці  $C$  (рис. 2).

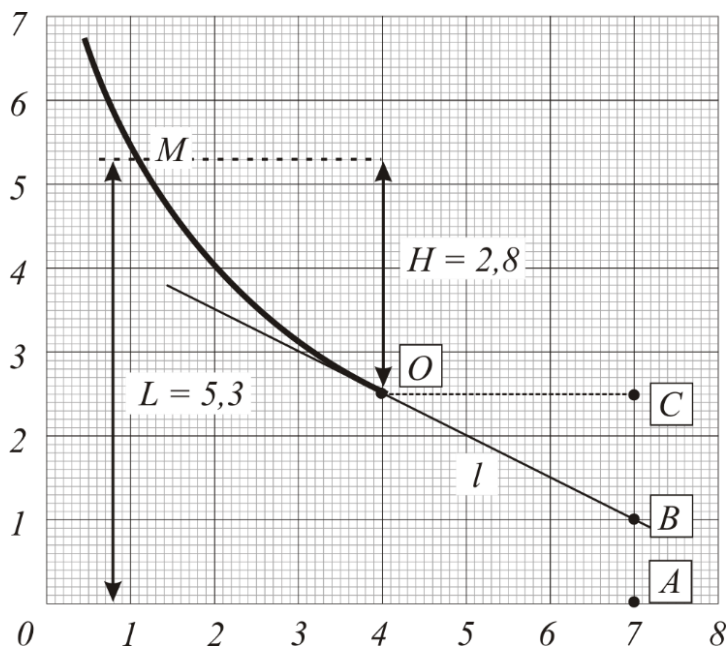


Рис. 3

Рух тіла по вертикалі після відриву від жолоба описується рівнянням  $y = v_{oy} t_0 + \frac{gt_0^2}{2}$ , де  $v_{oy}$  – проекція швидкості тіла на вертикальну вісь в момент відриву від жолоба.

На рисунку відрізок  $CB$  дорівнює відстані, яку тіло пройшло б вздовж вертикалі за час падіння  $t_0$ , якби не було прискорення вільного падіння (відносно «ліфта, який падає в полі тяжіння Землі»), а відрізок  $BA$  дорівнює відстані, яку тіло пролетіло б за той самий час  $t_0$  при вільному падінні без початкової швидкості (переміщення самого «ліфта»). Крім того, відрізок  $OB$  дорівнює шляху, яке тіло проходить протягом часу  $t_0$  з постійною швидкістю  $v_0$ . Таким чином,

$$AB = h = \frac{gt_0^2}{2}; \quad OB = l = v_0 t_0.$$

Виключивши з цих рівнянь час падіння  $t_0$ , отримаємо:  $v_0^2 = \frac{gl^2}{2h}$ .

Висоту  $H$  початкової точки над точкою  $O$  знайдемо із закону збереження енергії:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgH. \text{ Звідси: } H = \frac{l^2}{4h}.$$

З рисунку знаходимо:  $h = 1$ ,  $l^2 = (CB)^2 + (OC)^2 = 1,5^2 + 3^2 = 11,25$ ;  $H = \frac{11,25}{4} \approx 2,8$ .

Відстань від точки  $M$  до пола дорівнює  $L = 5,3$  умовних одиниць.



## 11 клас

Рух двох абсолютно пружних б'їлярдних кульок, центри яких містяться на горизонтальній площині, зафіксовано стробоскопічним способом (рис. 4). Інтервал між спалахами стробоскопа  $\Delta t = 0,02$  с. На рисунку подано кілька стробоскопічних зображень зближення кульок. Визначте графічно (вимірюваннями та геометричною побудовою), чи зіткнуться ці кульки. Якщо зіткнення відбудеться, то, вважаючи його абсолютно пружним, визначте величину і напрям швидкостей кульок після зіткнення. Довжина відрізка на світлині насправді становить  $d = 30$  см.

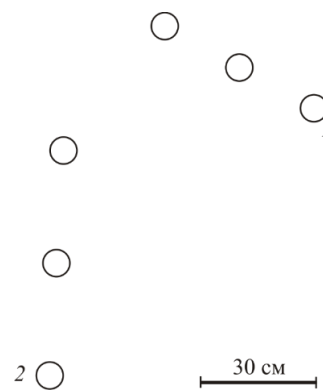
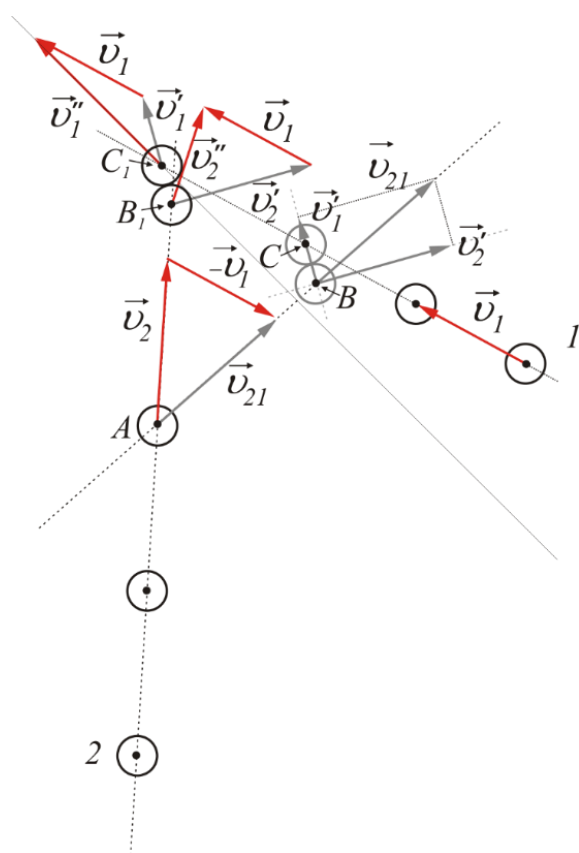


Рис. 4

Швидкості куль в умовних одиницях можуть бути показані векторами, довжини яких дорівнюють відстаням між центрами двох сусідніх зображень кожної з куль. Справжні значення цих швидкостей можна обчислити, ви-



значивши за стробоскопічною світлинною і за масштабом справжньої відстані між двома сусідніми положеннями кожної кулі й розділивши знайдені результати на  $\Delta t = 0,02$  с. Геометричні побудови можна виконувати за допомогою векторів в умовних одиницях.

Пов'яжемо систему відліку з першою кулькою. В такій системі відліку перша кулька нерухома, а друга – рухатиметься зі швидкістю, що дорівнює векторній різниці  $\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$  швидкостей другої й першої кульок у системі відліку, пов'язаній із спостерігачем (фотоапаратом). Побудуємо різницю векторів  $\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$  і через центр другої кульки проведемо пряму  $AB$ , паралельну до вектору  $\vec{v}_{21}$ . Якщо проведена з центра першої кульки дуга (радіус  $CB$  дорівнює сумі радіусів куль) перетне побудовану пряму – зіткнення відбудеться, не перетне – зіткнення не буде.

В обраній системі відліку в нерухому першу кульку вдаряється друга кулька, яка рухається

зі швидкістю  $\vec{v}_{21}$ . Цю швидкість потрібно розкласти в напрямі лінії центрів  $\vec{v}_{21}'$  і в перпендикулярному до лінії центрів напрямі  $\vec{v}_{21}''$  (легко довести завдяки законам збереження імпульсу та механічної енергії та теоремі Піфагора). Оскільки кульки однакові, то першій кульці друга кулька передасть складову своєї швидкості, яка напрямлена вздовж лінії центрів.

Отже, в системі відліку, пов'язаній з першою кулькою, швидкість першої кульки після зіткнення дорівнюватиме  $\vec{v}_{1}'$ , а швидкість руху після зіткнення другої кульки вектору  $\vec{v}_{2}'$ . Для визначення швидкостей та руху кульок після зіткнення в системі відліку, пов'язаній зі спостерігачем, слід до знайдених швидкостей куль додати швидкість системи  $\vec{v}_1$  відносно спостерігача. Місце зіткнення та початки векторів результуючих швидкостей знаходимо паралельним перенесенням відрізка  $BC$  між центрами куль до положення, коли центри обох куль

перебуватимуть на відповідних прямих, вздовж яких вони рухаються на світлині. Скориставшись лінійкою й масштабом вимірємо довжини векторів швидкостей  $\vec{v}_1''$  і  $\vec{v}_2''$  та знаходимо їх значення.