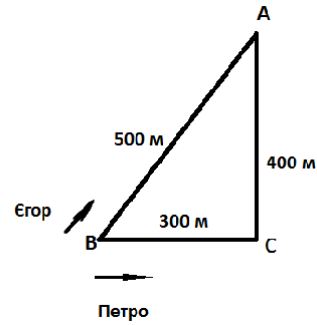
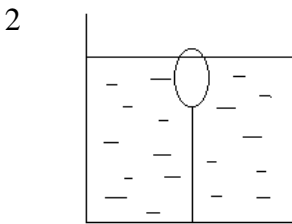


## 8 клас

- 1 Двоє друзів - Єгор і Петро - влаштували гонки на велосипедах навколо кварталу в дачному селищі. Стартували одночасно з точки  $B$  в різні боки, Єгор - уздовж вулиці  $BA$ , Петя - вздовж вулиць  $BC$  і  $CA$ , друзі зустрілися через 4 хвилини в точці  $A$  і продовжили гонки з постійними за модулем швидкостями, об'їжджаючи квартал раз по раз в протилежних напрямках. Через який мінімальний час після цієї зустрічі вони знову опиняться разом в точці  $A$ ?



Відповідь. Мінімальний час до повторної зустрічі 48 хвилин



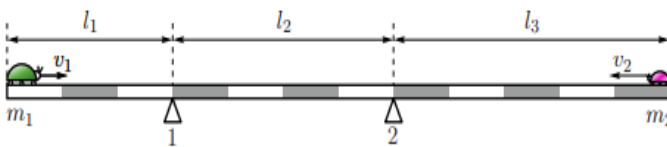
У циліндричній склянці з водою плаває крижинка прив'язана до дна склянки ниткою. Коли крижинка розтанула, рівень води в посудині змінився на  $\Delta h$ . Якою була сила натягу нитки? Площа дна посудини  $S$

Відповідь.  $\rho g S \Delta h$ , де  $\rho$  – густина води

- 3 Камінь масою 0,5 кг, зісковзнувши з похилої площини висотою 3 м, біля основи набув швидкість 6 м/с. Визначте роботу сили тертя.

Відповідь. 6 Дж.

- 4 Однорідна соломинка масою  $M=1$  г лежить горизонтально на двох опорах, які поділяють її на ділянки довжиною  $l_1 = 6$  см,  $l_2 = 8$  см,  $l_3 = 10$  см. Два невеликих жуки масами  $m_1 = 5$  г і  $m_2 = 2$  г, які сиділи на кінцях соломинки, одночасно починають рухатися назустріч з швидкостями  $v_1 = 1$  см/с та  $v_2 = 4$  см/с.

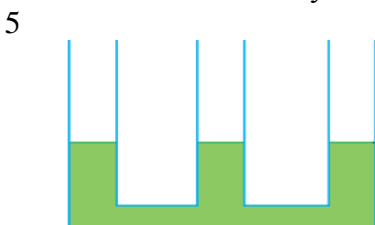


1. Визначити сили реакції опор  $N_1$  і  $N_2$ , які діяли на соломинку до старту жуків. Вважайте  $g = 10$  Н/кг.

2. Через який час після старту жуків соломинка перекинеться, якщо ковзання між соломинкою і опорами відсутнє?

між соломинкою і опорами відсутнє?

3. Якою повинна бути маса соломинки, щоб жуки все таки зустрілися?



В трьох однакових сполучених посудинах знаходиться ртуть. В ліву посудину наливають шар води висотою 180 мм, а в праву – висотою 228 мм. На скільки зміниться рівень ртуті в середній посудині, якщо відомо, що ртуть із лівої і правої посудини не витісняється водою повністю? Густина ртуті  $13600$  кг/м<sup>3</sup>, густина води  $1000$  кг/м<sup>3</sup>.

### Задача 2. Жуки

На систему «соломинка + жуки» действуют сила тяжести соломинки  $Mg$ , силы реакции опор  $N_1$  и  $N_2$  и силы тяжести жуков  $m_1g$  и  $m_2g$ . Правило моментов для системы относительно точки 1 имеет вид:

$$m_1gl_1 + N_2l_2 = m_2g(l_2 + l_3) + Mg \left( \frac{l_1 + l_2 + l_3}{2} - l_1 \right).$$

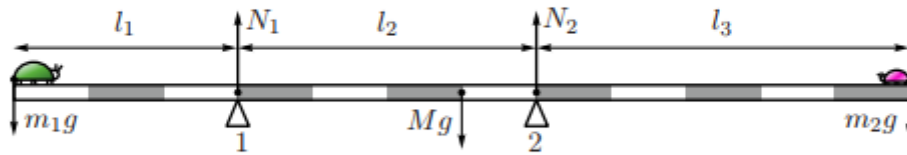


Рис. 8

Тогда:

$$N_2 = \frac{m_2g(l_2 + l_3) + Mg \cdot (l_2 + l_3 - l_1)/2 - m_1gl_1}{l_2} = 15 \text{ мН.}$$

Реакцию опоры в точке 1 в начальный момент времени можно найти из равенства нулю суммы всех сил, действующих на соломинку, или записав правило моментов относительно точки 2:

$$N_1 = \frac{m_1g(l_1 + l_2) + Mg \cdot (l_1 + l_2 - l_3)/2 - m_2gl_3}{l_2} = 65 \text{ мН.}$$

Для произвольного момента времени силы реакций опор равны:

$$n_1(t) = \frac{m_1g(l_1 + l_2 - v_1t) + Mg \cdot (l_1 + l_2 - l_3)/2 - m_2g(l_3 - v_2t)}{l_2};$$

$$n_2(t) = \frac{m_2g(l_2 + l_3 - v_2t) + Mg \cdot (l_2 + l_3 - l_1)/2 - m_1g(l_1 - v_1t)}{l_2}.$$

Полученные уравнения удобно записать в следующем виде:

$$n_1 = N_1 + \frac{g}{l_2}(m_2v_2 - m_1v_1)t;$$

$$n_2 = N_2 - \frac{g}{l_2}(m_2v_2 - m_1v_1)t.$$

С учётом численной подстановки реакция опоры в точке 1 увеличивается со временем, а в точке 2 — уменьшается. Отрыв и опрокидывание соломинки произойдёт через время  $t_k$ , когда сила реакции  $n_2$  обратится в ноль:

$$n_2(t_k) = N_2 - \frac{g}{l_2}(m_2v_2 - m_1v_1)t_k = 0,$$

$$t_k = \frac{N_2l_2}{g(m_2v_2 - m_1v_1)} = 4 \text{ с.}$$

Для ответа на третий вопрос найдём время встречи жуков  $t_0$ :

$$t_0 = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{v_1 + v_2} = 4,8 \text{ с.}$$

Можно заметить, что время встречи больше времени  $t_k$ . Найдём расстояние  $x$  от левого края соломинки до места встречи:

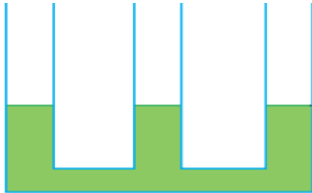
$$x = v_1 t_0 = 4,8 \text{ см} < l_1.$$

Следовательно, место встречи находится левее точки 1. Чтобы в этот момент соломинка не опрокинулась, момент её силы тяжести должен быть не меньше момента сил тяжести жуков:

$$M_0 g \left( \frac{l_1 + l_2 + l_3}{2} - l_1 \right) \geq (m_1 + m_2) g (l_1 - x),$$

$$M_0 \geq \frac{2(m_1 + m_2)(l_1 - x)}{l_2 + l_3 - l_1} = 1,4 \text{ г.}$$

5



В трёх одинаковых сообщающихся сосудах находится ртуть. В левую посудину наливают шар воды высотой 180 мм, а в правую – высотой 228 мм. На сколько изменится уровень ртути в средней посудине, якщо відомо, що ртуть із лівої і правої посудини не витісняється водою повністю? Густина ртуті  $13600 \text{ кг/м}^3$ , густина води  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

### Традиционный способ решения

Изобразим на рисунке 1 положение уровней жидкостей в трёх

данных сообщающихся сосудах до и после доливания в них воды.

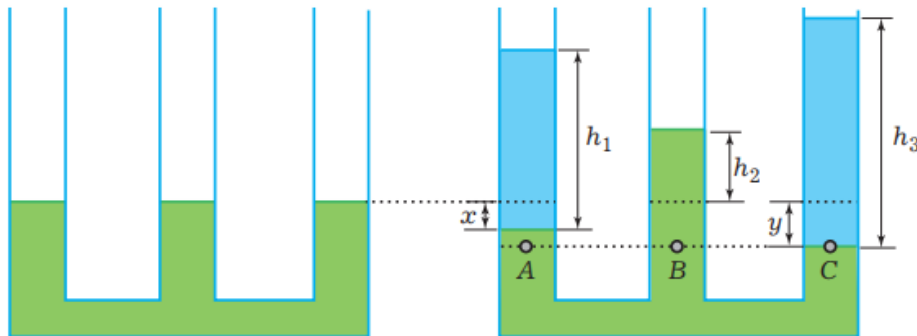


Рис. 1

Пусть в левом сосуде уровень ртути опустится на  $x$ , а в правом – на  $y$ . Поскольку жидкость несжимаема и площадь сечения сосудов постоянна, уровень ртути в среднем сосуде поднимется на  $h_2 = x + y$ .

Согласно закону сообщающихся сосудов для однородной жидкости, давления в точках  $A$ ,  $B$  и  $C$ , расположенных на одном уровне (уровне границы воды и ртути в правом сосуде), одинаковы.

Давление в точке  $A$  создаётся столбом воды высотой  $h_1$  и столбом ртути высотой  $(y - x)$ :

$$p_A = \rho_0 g h_1 + \rho g (y - x),$$

в точке  $B$  – столбом ртути высотой  $(x + 2y)$ :

$$p_B = \rho g (x + 2y),$$

в точке  $C$  – столбом воды высотой  $h_3$ :

$$p_C = \rho_0 g h_3.$$

Приравнивая давления в точках  $B$  и  $C$ , получим:

$$\rho x + 2\rho y = \rho_0 h_3 \Rightarrow x = \frac{\rho_0}{\rho} h_3 - 2y. (*)$$

Аналогично для точек  $A$  и  $C$ :

$$\rho_0 h_1 + \rho (y - x) = \rho_0 h_3.$$

Подставив в это уравнение выражение для  $x$ , получим

$$\rho_0 h_1 + \rho y - \rho_0 h_3 - 2\rho y = \rho_0 h_3,$$

откуда

$$y = \frac{\rho_0}{3\rho} (2h_3 - h_1).$$

Осталось найти  $x$  из выражения (\*). Однако не будем торопиться приступать к алгебраическим преобразованиям (вот где находится математическая тонкость, о которой говорилось в начале статьи!). Попробуем угадать, каким должно быть выражение для  $x$ . Для этого обратим внимание на наличие определённой симметрии в условии задачи:

левый сосуд ничуть не лучше, но и не хуже правого!

Если всё же догадаться не удалось, делаем несложные преобразования и получаем

$$x = \frac{\rho_0}{3\rho} (2h_1 - h_3).$$

Сравнив выражения для  $x$  и  $y$ , убеждаемся в том, что они имеют похожий вид, чего и следовало ожидать.

Итак, нам осталось лишь определить искомую величину:

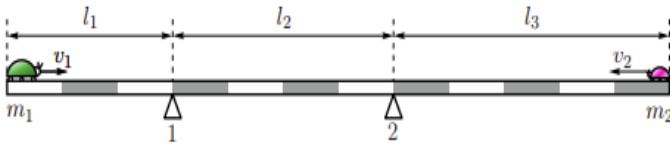
$$h_2 = x + y = \frac{\rho_0}{3\rho} (h_1 + h_3).$$

Подставив числовые значения, получим  $h_2 = 10$  мм.

**Ответ.** 10 мм.

## 9 клас

- 1 Однорідна соломинка масою  $M=1$  г лежить горизонтально на двох опорах, які поділяють її на ділянки довжиною  $l_1 = 6$  см,  $l_2 = 8$  см,  $l_3 = 10$  см. Два невеликих жуки масами  $m_1 = 5$  г і  $m_2 = 2$  г, які сиділи на кінцях соломинки, одночасно починають рухатися назустріч з швидкостями  $v_1 = 1$  см/с та  $v_2 = 4$  см/с.



1. Визначити сили реакції опор  $N_1$  і  $N_2$ , які діяли на соломинку до старту жуків. Вважайте  $g = 10$  Н/кг.

2. Через який час після старту жуків соломинка перекинеться, якщо ковзання між соломинкою і опорами відсутнє?

між соломинкою і опорами відсутнє?

3. Якою повинна бути маса соломинки, щоб жуки все таки зустрілися?

Розв'язок 8 клас задача 4

- 2 На канікулах Василько з дідусем на дачі залив каток площею близько  $100$  м<sup>2</sup>. Після морозів почалася відлига з дощем і снігом, а потім знову вдарили морози  $-10^\circ\text{C}$ . Приїхавши у суботу на дачу, Петя виявив, що приблизно 5% площі катка покрито «Грибами» з льоду - наростами товщиною близько 1 см і площею приблизно  $100$  см<sup>2</sup>. Петі дуже хотілося покататися на ковзанах, і він вирішив вирівняти каток, «випрасувати» його гарячою праскою. Приблизно скільки часу знадобиться для цього, і чи встигне Петя покататися в неділю?

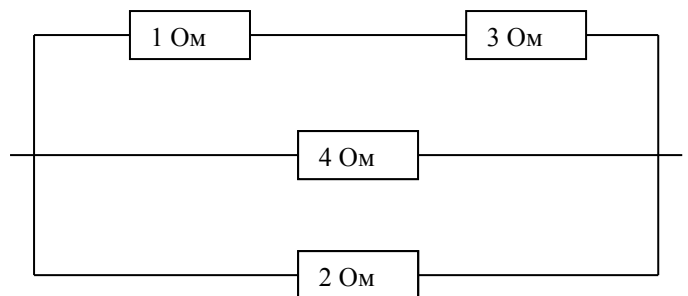
Потужність праски – 2 кВт. Можна вважати, що кожен «гриб» досить розгладити до висоти 1мм, при розгладженні вода нагрівається до  $+50^\circ\text{C}$ , втрати теплоти на нагрівання навколишнього повітря малі, а втрати часу на розподіл води по достатньої площі льоду і на перехід до наступного «грибу» складають близько 20 секунд.

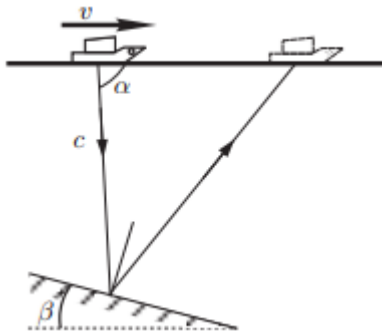
Відповідь: на «вигладжування» катка піде приблизно 6 годин, так що Василько в неділю зможе покататися. (Всього на ковзанці знаходяться 500 крижаних «грибів». Час на плавлення одного «гриба» праскою  $\approx 23$  секунди, з урахуванням додаткових втрат 20 секунд на один «гриб» витрачається не менше 43 секунд.)

- 3 Чотири резистори, опори яких  $R_1 = 1$  Ом,  $R_2 = 2$  Ом,  $R_3 = 3$  Ом,  $R_4 = 4$  Ом, з'єднані так, що загальний опір кола виявився рівним 1 Ом. Визначте потужність струму в резисторі  $R_2$ , коли в резисторі  $R_3$  сила струму дорівнює  $I_3 = 3$  А.

Для того, щоб загальний опір кола дорівнював 1 Ом, резистори слід з'єднати так, як показано на рисунку. Спад напруги на кожній з паралельних віток дорівнює 3А (3 Ом + 1 Ом) = 12 В, а потужність струму в

резисторі опором 2 Ом становитиме:  $\frac{(12\text{В})^2}{2\text{Ом}} = 72$  Вт





Швидкісний катер, рухаючись від берега зі швидкістю  $v$ , проводить дослідження морського дна методом ультразвукової локації, надсилаючи короткі ультразвукові сигнали під кутом  $\alpha$  до поверхні моря. При досягненні дна сигнал відбивається під тим же кутом, що і падав (див. мал). Нехтуючи розсіюванням, визначте кут нахилу дна  $\beta$ , якщо відбитий сигнал досягає катера при куті  $\alpha = \alpha_0$ . Швидкість звуку у воді вважати відомою.

**Решение 103.** Пусть точки  $A$  и  $B$  на рис. 228 характеризуют положение катера в момент отправления и приема ультразвукового сигнала. Проведем перпендикуляр  $OC$  к поверхности морского дна до пересечения с прямой  $AB$  в точке  $C$  (см. рис. 228). Поскольку по условию  $OC$  является биссектрисой угла  $\angle AOB$  треугольника  $AOB$

$$\frac{AC}{CB} = \frac{AO}{OB}$$

и при постоянстве скоростей  $v$  и  $c$  получаем, что времена прохождения участков  $AC$  катером и  $AO$  — ультразвуковым лучом одинаковы и равны некоторой величине  $t_1$ . Проведем из точки  $O$  перпендикуляр  $OD$  на прямую  $AB$ . Угол  $\angle DOC$  равен  $\beta$  (по построению).

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{DC}{OD}, \quad DC = vt_1 - ct_1 \cos \alpha, \quad OD = ct_1 \sin \alpha,$$

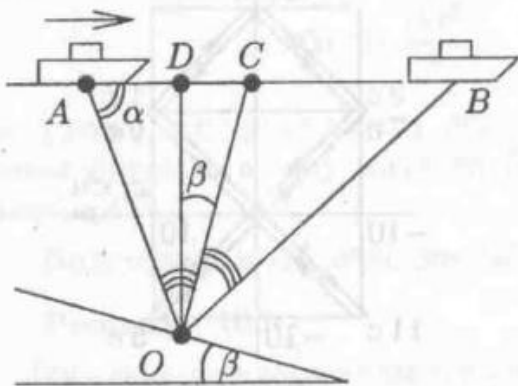


Рис. 228

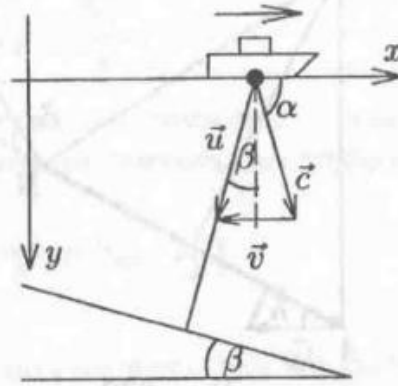


Рис. 229

В тот момент, когда  $\alpha = \alpha_0$ , после подстановок получим:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v - c \cdot \cos \alpha}{c \cdot \sin \alpha}.$$

Можно решить эту задачу и другим способом, в системе отсчета, связанной с катером.

В ней вектор скорости посланного сигнала  $\vec{u} = \vec{c} - \vec{v}$ . Он должен быть перпендикулярен дну, иначе отраженный сигнал не сможет достичь катера (см. рис. 229). Из рисунка видно, что

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{u_x}{u_y},$$

где  $u_x = v - c \cdot \cos \alpha$ ,  $u_y = c \cdot \sin \alpha$ , откуда

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v - c \cdot \cos \alpha}{c \cdot \sin \alpha}.$$

#### Задача 4. Эхолот

Будем решать задачу в системе отсчета, связанной с катером. В ней вектор скорости посланного сигнала  $\vec{u} = \vec{c} - \vec{v}$ .

Он должен быть перпендикулярен дну, иначе эхо-сигнал не сможет достичь катера. Из рисунка 11 видно, что  $\operatorname{tg} \beta = \frac{u_x}{u_y}$ , где  $u_x = c \cos \alpha - v$ ,

$u_y = c \sin \alpha$ . Следовательно,  $\operatorname{tg} \beta = \frac{c \cos \alpha - v}{c \sin \alpha}$ .

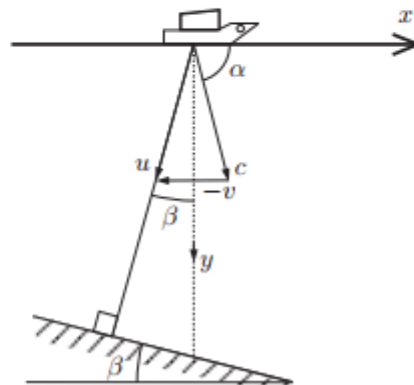


Рис. 11

- 5 Людина спочатку розглядала зірку на небозводі, а потім перевела очі на книжку, розташовану на відстані найкращого зору (25 см). Обчислити зміну головної фокусної відстані кришталіка ока.

$$F_1 - F_2 = f^2/(f+25)$$

## 10 клас

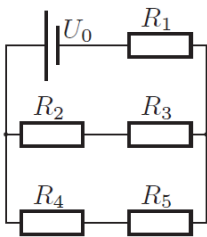
- 1 Яку роботу потрібно виконати людині, щоб за 14 с піднятися вгору на висоту 30 м по ескалатору метро, стрічка якого рухається вниз зі швидкістю 2 м/с? Кут нахилу ескалатора до горизонту  $45^\circ$ . Маса людини 70 кг.

34,2 кДж

- 2 Людина спочатку розглядала зірку на небозводі, а потім перевела очі на книжку, розташовану на відстані найкращого зору (25 см). Обчислити зміну головної фокусної відстані кришталіка ока.

$$F_1 - F_2 = f^2/(f+25)$$

3



На якому з резисторів електричного кола виділяється найбільша потужність? Опори резисторів:  $R_1 = 1$  кОм,  $R_2 = 2$  кОм,  $R_3 = 3$  кОм,  $R_4 = 4$  кОм,  $R_5 = 5$  кОм.

Через резистори  $R_2$  і  $R_3$  течёт один и тот же ток. По закону Джоуля–Ленца  $P = I^2R$ . Если сила тока, идущего через два резистора, одинакова, то на резисторе с большим сопротивлением выделяется большая мощность, то есть  $P_3 > P_2$ . Аналогичным образом получим, что  $P_5 > P_4$ .

Сопротивление двух ветвей (с  $R_2, R_3$  и  $R_4, R_5$ ) равно:

$$R_{AB} = \frac{(R_2 + R_3)(R_4 + R_5)}{R_2 + R_3 + R_4 + R_5} = \frac{45}{14} \text{ кОм.}$$

Общее сопротивление:

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_{AB} = \frac{59}{14} \text{ кОм.}$$

Сила тока, проходящего через батарею:

$$I_{\text{общ}} = \frac{U_0}{R_{\text{общ}}} = U_0 \cdot \frac{14}{59} \text{ мА.}$$

Этот ток распределяется между двумя ветвями обратно пропорционально сопротивлениям ветвей:

$$\frac{I_{23}}{I_{45}} = \frac{R_4 + R_5}{R_2 + R_3} = \frac{9}{5} = 1,8.$$

Тогда:

$$I_{23} = 1,8I_{45}, \quad I_{\text{общ}} = I_{23} + I_{45} = 2,8 I_{45}.$$

$$P_1 = I_{\text{общ}}^2 R_1 = 7,84I_{45}^2 R_1 = 7,84I_{45}^2,$$

$$P_5 = I_{45}^2 R_5 = 5I_{45}^2,$$

$$P_3 = (1,8I_{45})^2 R_3 = 9,72I_{45}^2.$$

Видно, что наибольшая мощность выделяется на резисторе  $R_3$ .



- 4 У вагоні, що рухається горизонтально з постійним прискоренням  $a = 3 \text{ м/с}^2$ , висить на дроті вантаж масою  $m = 2 \text{ кг}$ . Визначити силу натягу проволочки  $T$  і кут  $\alpha$  її відхилення від вертикалі, якщо вантаж нерухомий відносно вагона.  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$

$$\left. \begin{aligned} ma &= F_H \sin \alpha & (1) \\ 0 &= F_H \cos \alpha - mg & (2) \end{aligned} \right\}$$

Отсюда  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{g}, \alpha = 17^\circ$

$$F_H = m\sqrt{g^2 + a^2} = 20,5 \text{ Н}$$

- 5 У посудину налито дві рідини, які не змішуються, що мають густину  $\rho_1$  і  $\rho_2$  та товщини шарів  $h_1$  і  $h_2$  відповідно. На поверхню верхньої рідини поклали маленьке тіло, яке ідеально обтікається. Тіло, падаючи, досягає дна у той момент, коли його швидкість дорівнює нулю. Визначте густину речовини, з якої виготовлено тіло. (В'язке тертя в системі не враховувати).



При падінні сила Архімеда виконує від'ємну роботу на першій ділянці:  $A_1 = -F_{A_1} \cdot h_1$ , на другій ділянці  $A_2 = -F_{A_2} \cdot h_2$ . З іншого боку, сила тяжіння виконує роботу:  $A_{T1} = mgh_1$  і  $A_{T2} = mgh_2$ . Відомо:  $F_{A_1} = g\rho_1V$ ,  $F_{A_2} = g\rho_2V$  та  $m = \rho V$ .

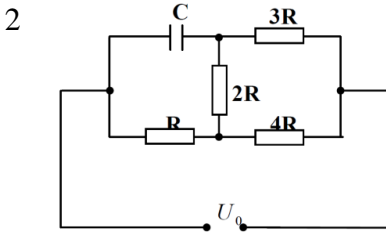
Отже, остаточно отримаємо:

$$-gV(\rho_1 h_1 + \rho_2 h_2) + mg(h_1 + h_2) = 0;$$

$$\rho = \frac{\rho_1 h_1 + \rho_2 h_2}{h_1 + h_2}.$$

- 1 Яку мінімальну роботу потрібно виконати, щоб тіло масою  $m$ , яке перебуває на поверхні Землі, перетворилось на штучний супутник Сонця? Робота сил опору повітря складає  $n$ -ту частину роботи, яку визначаємо.

2  $GmM_3n/(n-1)R_3$



Знайдіть заряд на конденсаторі

$$q = CU_{0c} \quad (1)$$

$$U_{0c} = U_1 + U_2;$$

$U_0 = U_1 + U_2 + U_3$  (2), где  $U_1, U_2, U_3$  - соответственно падения напряжений на резисторах  $R, 2R, 3R$  (рис. 48).

$$I_0 = \frac{U_0}{R + \frac{(2R + 3R)4R}{2R + 3R + 4R}} = \frac{9}{29} \frac{U_0}{R} \quad (3)$$

$$U_2 + U_3 = U_4; \quad I_0 = I_1 + I_2; \quad U_2 = I_1 \cdot 2R;$$

$$U_3 = I_1 \cdot 3R; \quad U_4 = I_2 \cdot 4R;$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{4R}{2R + 3R} \Rightarrow I_1 = \frac{4}{9} I_0$$

$$U_3 = \frac{12}{29} U_0; \quad U_{0c} = U_1 + U_2 = U_0 - U_3 = \frac{17}{29} U_0; \quad q = \frac{17}{29} CU_0$$

- 3 Два вагони, маси яких  $M_1$  і  $M_2$ , рухаються на зустріч один одному зі швидкостями відповідно  $v_1$  і  $v_2$ . При зіткненні відбувається стискування чотирьох однакових буферних пружин, після чого вагони розходяться. Знайдіть максимальну деформацію кожної пружини, якщо її жорсткість дорівнює  $k$

За законом збереження імпульсу маємо:  $M_1 \bar{v}_1 + M_2 \bar{v}_2 = (M_1 + M_2) \bar{v}$ , де  $v$  – швидкість руху обох вагонів після зіткнення. Тоді  $v = \frac{M_1 v_1 - M_2 v_2}{M_1 + M_2}$ .

Визначимо зміну кінетичної енергії:

$$\begin{aligned} \Delta E &= \frac{M_1 v_1^2}{2} + \frac{M_2 v_2^2}{2} - \frac{(M_1 + M_2) v^2}{2} = \\ &= \frac{M_1 v_1^2}{2} + \frac{M_2 v_2^2}{2} - \frac{M_1 + M_2}{2} \left( \frac{M_1 v_1 - M_2 v_2}{M_1 + M_2} \right)^2 = \\ &= \frac{1}{2(M_1 + M_2)} [M_1 M_2 v_1^2 + 2M_1 M_2 v_1 v_2 + M_1 M_2 v_2^2] = \frac{M_1 M_2}{2(M_1 + M_2)} [v_1 + v_2]^2. \end{aligned}$$

Оскільки механічна енергія зберігається, то зміна кінетичної енергії буде:  $\Delta E = \frac{4kx^2}{2}$ , де  $k$  – жорсткість пружини,  $x$  – деформація пружини.

$$\text{Тоді отримаємо рівність: } \frac{4kx^2}{2} = \frac{M_1 M_2}{2(M_1 + M_2)} [v_1 + v_2]^2,$$

$$\text{звідки: } x = \frac{(v_1 + v_2) \sqrt{M_1 M_2}}{2 \sqrt{k(M_1 + M_2)}}.$$

- 4 У посудину налито дві рідини, які не змішуються, що мають густину  $\rho_1$  і  $\rho_2$  та товщини шарів  $h_1$  і  $h_2$  відповідно. На поверхню верхньої рідини поклали маленьке тіло, яке ідеально обтікається. Тіло, падаючи, досягає дна у той момент, коли його швидкість дорівнює нулю. Визначте густину речовини, з якої виготовлено тіло. (В'язке тертя в системі не враховувати).



При падінні сила Архімеда виконує від'ємну роботу на першій ділянці:  $A_1 = -F_{A_1} \cdot h_1$ , на другій ділянці  $A_2 = -F_{A_2} \cdot h_2$ . З іншого боку, сила тяжіння виконує роботу:  $A_{T_1} = mgh_1$  і  $A_{T_2} = mgh_2$ . Відомо:  $F_{A_1} = g\rho_1 V$ ,  $F_{A_2} = g\rho_2 V$  та  $m = \rho V$ .

Отже, остаточно отримаємо:

$$-gV(\rho_1 h_1 + \rho_2 h_2) + mg(h_1 + h_2) = 0;$$

$$\rho = \frac{\rho_1 h_1 + \rho_2 h_2}{h_1 + h_2}.$$

- 5 Важка кулька, підвішена на нитці, довжиною  $\ell = 1$  м, описує коло в горизонтальній площині (конічний маятник). Знайти період обертання кульки, якщо маятник знаходиться в ліфті, що рухається з постійним прискоренням  $a = 5$  м/с<sup>2</sup>, спрямованим вниз. Нитка складає з вертикаллю кут  $\alpha = 60^\circ$

**11.17.** Полное ускорение шарика относительно Земли равно сумме центростремительного ускорения  $\vec{a}_y$  и ускорения лифта  $\vec{a}_0$ :  $\vec{a} = \vec{a}_y + \vec{a}_0$

Применяя к шарикау второй закон Ньютона в проекциях на центростремительную ось X и вертикальную ось Y (рис. 50)

$$\left. \begin{aligned} ma_\delta &= F_H \sin \alpha & (1) \\ ma_0 &= mg - F_H \cos \alpha & (2) \end{aligned} \right\}$$

$$\text{Отсюда } \frac{a_y}{g - a_0} = \operatorname{tg} \alpha \quad (3)$$

$$a_y = \frac{v^2}{R} = \left( \frac{2\pi R}{T} \right)^2 \frac{1}{R} = \frac{(2\pi)^2 R}{T^2} \Rightarrow$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{a_y}} = 2\pi \sqrt{\frac{l \sin \alpha}{(g - a_0) \operatorname{tg} \alpha}}$$

$$= 2\pi \sqrt{\frac{l \cos \alpha}{(g - a_0)}} \approx 2c$$

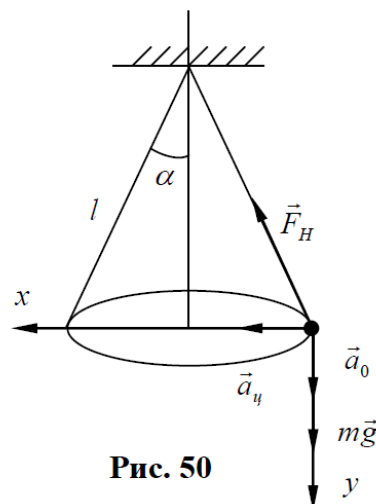


Рис. 50

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

**Провести експеримент** і описати послідовність дій та вимірювань при його проведенні. Пояснити як за допомогою отриманих з експерименту результатів обчислити потрібну величину. (10 – 11 розрахувати похибки експерименту).

### 8 клас

**Провести експеримент** і описати послідовність дій та вимірювань при його проведенні. Пояснити як за допомогою отриманих з експерименту результатів обчислити потрібну величину. (10 – 11 розрахувати похибки експерименту).

#### *Обладнання*

Лінійка, дерев'яна паличка, шматочок пластиліну (за потреби), монета відомої маси (буде повідомлена додатково).

#### **Завдання**

1. Визначити масу лінійки;
2. Визначити тиск, який чинить лінійка, коли лежить на столі.  
(При виконанні розрахунків важайте  $g = 9,8\text{Н/кг}$ ).

### 9 клас

**Провести експеримент** і описати послідовність дій та вимірювань при його проведенні. Пояснити як за допомогою отриманих з експерименту результатів обчислити потрібну величину. (10 – 11 розрахувати похибки експерименту).

#### *Обладнання*

Лінійка, дерев'яна паличка, шматочок пластиліну (за потреби), монета відомої маси (буде повідомлена додатково), монета невідомої маси.

#### **Завдання**

1. Визначити масу другої монети;
2. Визначити масу лінійки.

### 10 клас

**Провести експеримент** і описати послідовність дій та вимірювань при його проведенні. Пояснити як за допомогою отриманих з експерименту результатів обчислити потрібну величину. (10 – 11 розрахувати похибки експерименту).

#### *Обладнання*

Кобка сірників, аркуш паперу (А4), міліметровий папір, ( можна додатково використати власну лінійку і олівець, якщо є потреба).

#### **Завдання**

Визначити коефіцієнт тертя між аркушем паперу і двома «меншими» гранями коробки сірників

### 11 клас

**Провести експеримент** і описати послідовність дій та вимірювань при його проведенні. Пояснити як за допомогою отриманих з експерименту результатів обчислити потрібну величину. (10 – 11 розрахувати похибки експерименту).

#### *Обладнання*

Скляна призма, міліметровий папір, (можна додатково використати власну лінійку і олівець, якщо є потреба).

#### **Завдання**

Визначити показник заломлення скла, з якого виготовлена призма.