

Всероссийская олимпиада школьников по физике
2021-2022 уч. год
Муниципальный этап

7 класс

***Время выполнения –
3 астрономических часа***

Задание 1

В таблице приведены данные по жирности молока, которое дают коровы разных пород.

Название породы	Средний уровень жирности , %
Айрширская	3,3-3,6
Голштинская	3,5-3,8
Джерсейская	4,4-6,0
Красная датская	3,5-4,5
Красная степная	3,2-3,8
Холмогорская	3,6-3,9
Чёрно-пёстрая	3,6-3,9
Ярославская	4,0-6,0
Бестужевская	3,5-4,0
Костромская	3,3-4,2
Симментальская	3,8-5,5
Сычёвская	3,2-3,4
Швицкая	3,7-3,9

Жирность молока определяют с помощью цифрового лактометра, который настроен на измерение жирности молока в процентах. Абсолютная погрешность измерения жирности лактометром составляет $\pm 0,08\%$.

Можно ли с помощью данного прибора отличить молоко пород Холмогорской породы от молока коров Ярославской породы? Ответ поясните.

Возможное решение задания № 1

Нельзя: максимальное возможное значение жирности молока для коров Холмогорской породы составляет $3,9\% + 0,08\% = 3,98\%$, а минимальное значение жирности молока для коров Ярославской породы составляет $4,00\% - 0,08\% = 3,92\%$. Интервалы перекрываются.

Задание 2

По дороге ползёт удав длиной 12 м, а по удаву от головы к хвосту скачет попугай. Скорость удава относительно дороги 2 м/с, а скорость попугая относительно удава 3 м/с.

Какой путь относительно дороги пройдёт попугай, пока доскачет до хвоста удава?

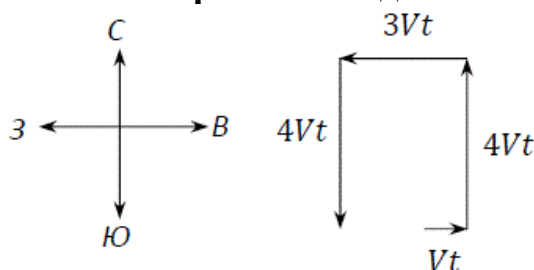
Возможное решение задания № 2

Попугай будет скакать от головы до хвоста удава в течение времени $\frac{12 \text{ м}}{3 \text{ м/с}}$ = 4 с. За это же время сам удав переместится по дороге на расстояние навстречу попугаю $2 \text{ м/с} \cdot 4 \text{ с} = 8 \text{ м}$.

Задание 3

Муравей отправился на разведку. Стартовав от муравейника, он в течение времени $t = 10 \text{ с}$ полз на восток со скоростью $V = 1 \text{ см/с}$. Затем муравей повернул и в течение времени $2t$ двигался со скоростью $2V$ на север. Потом он бежал на запад в течение времени t со скоростью $3V$ и, наконец, повернув на юг, мчался с максимально возможной скоростью $4V$ ещё в течение времени t . После этого его движение в точности повторялось. Через 20 мин поиска муравей обнаружил добычу. Какое минимальное время потребуется ему для возвращения в муравейник, если при движении с добычей муравей может развивать скорость, в 3 раза меньшую максимально возможной?

Возможное решение задания № 3



На рисунке изображено движение муравья в течение первых 50 секунд. Далее движение повторяется, следовательно, за каждые 50 секунд муравей смещается на запад на расстояние $2Vt = 20 \text{ см}$. Время 20 минут (или 1200 секунд) кратно 50 с. Поэтому через 20 минут он окажется на расстоянии $20 \cdot (20 \cdot 60) / 50 = 480 \text{ см}$ от муравейника.

Так как максимально возможная скорость муравья при движении с добычей $4/3 \text{ см/с}$, значит, минимальное время, за которое муравей вернётся обратно, равно $480 / (4/3) = 360 \text{ с} = 6 \text{ мин}$.

Задание 4

Экспериментальная задача: Определите с максимально возможной точностью диаметр стержня гвоздя. Подробно опишите методику измерений, последовательность действий. Приведите расчетные формулы и результаты измерений. Измерения повторите, по крайней мере, ещё один раз.

Справочные данные:



Длина окружности находится по формуле $l = 3,14 \cdot D$, где D – диаметр окружности.

Оборудование: лист миллиметровой бумаги формата А5 или А4, корректор (по запросу), гвоздь (100 мм).

Возможное решение задания № 4

Помечаем на гвозде риску и прокатываем без скольжения по миллиметровой бумаге n раз, отмечая на листе начальное и конечное положение. Для того, чтобы шляпка не мешала прокатыванию гвоздь необходимо прокатывать по краю стола. Для повышения точности необходимо совершить не менее 10 оборотов (если меньше, то балл снижается).

Длина окружности стержня будет находится $l = L/n$, где L – расстояние между метками на миллиметровой бумаге.

Зная длину окружности находим диаметр.

Всероссийская олимпиада школьников по физике
2021-2022 уч. год
Муниципальный этап

8 класс

***Время выполнения –
3 астрономических часа***

Задание 1

В таблице приведены данные по жирности молока, которое дают коровы разных пород.

Название породы	Средний уровень жирности, %
Айрширская	3,3-3,6
Голштинская	3,5-3,8
Джерсейская	4,4-6,0
Красная датская	3,5-4,5
Красная степная	3,2-3,8
Холмогорская	3,6-3,9
Чёрно-пёстрая	3,6-3,9
Ярославская	4,0-6,0
Бестужевская	3,5-4,0
Костромская	3,3-4,2
Симментальская	3,8-5,5
Сычёвская	3,2-3,4
Швицкая	3,7-3,9

Жирность молока определяют с помощью цифрового лактометра, который настроен на измерение жирности молока в процентах. Абсолютная погрешность измерения жирности лактометром составляет $\pm 0,08\%$.

Можно ли с помощью данного прибора отличить молоко пород Холмогорской породы от молока коров Ярославской породы? Ответ поясните.

Возможное решение задания № 1

Нельзя: максимальное возможное значение жирности молока для коров Холмогорской породы составляет $3,9\% + 0,08\% = 3,98\%$, а минимальное значение жирности молока для коров Ярославской породы составляет $4,00\% - 0,08\% = 3,92\%$. Интервалы перекрываются.

Задание 2

Металлический брусок массой 800 г имеет форму прямоугольного параллелепипеда. Если класть брусок на горизонтальную поверхность поочередно тремя разными гранями, то он будет оказывать на нее давление $p_1 = 1,6$ кПа, $p_2 = 5p_1$ и $p_3 = p_2/2$. Определите плотность материала бруска. Ответ выразите в г/см³.

Возможное решение задания № 2

решение. давления, оказываемые бруском на горизонтальную поверхность, $p_i = \frac{F}{S_i}$, где $F = mg$ – сила тяжести, действующая на брусок,

S_i – площади поверхностей его граней ($i = 1, 2, 3$). Имеем $S_1 = ab$, $S_2 = bc$,

$S_3 = ac$. Таким образом $p_1 = \frac{mg}{ab}$, $p_2 = \frac{mg}{bc} = 5p_1 = 5\frac{mg}{ab}$ и

$p_3 = \frac{mg}{ac} = \frac{p_2}{2} = \frac{5p_1}{2} = \frac{5mg}{2ab}$. Отсюда следует, что $a = 5c$, $b = \frac{5}{2}c$ и $a = 2b$.

Поэтому можно записать, что $p_1 = \frac{mg}{ab} = \frac{mg}{2b \cdot b}$. Отсюда находим, что

$b = \sqrt{\frac{mg}{2p_1}} = \sqrt{\frac{0,8 \cdot 10}{2 \cdot 1600}} = 0,05$ м. Так как $p_2 = \frac{mg}{bc} = 5p_1$, то

$c = \frac{mg}{b \cdot 5p_1} = \frac{0,8 \cdot 10}{0,05 \cdot 5 \cdot 1600} = 0,02$ м. И, наконец, из формулы $p_1 = \frac{mg}{ab}$ находим,

что $a = \frac{mg}{b \cdot p_1} = \frac{0,8 \cdot 10}{0,05 \cdot 1600} = 0,1$ м. Объем такого бруска равен

$V = abc = 0,1 \cdot 0,05 \cdot 0,02 = 0,0001$ м³. Следовательно, плотность бруска

$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,8}{0,0001} = 8000$ кг/м³ = 8 г/см³.

Задание 3

На рычажных весах уравновешены гиря и сосуд с водой. Нарушится ли равновесие, если в воду погрузить подвешенный на нитке стальной брусок так, чтобы он не касался дна? Объяснить, почему?

Возможное решение задания № 3

Пусть V_0 – объем бруска. При погружении бруска он вытеснит объем воды V , равный его объему V_0 , поэтому уровень воды в сосуде повысится на:

$$H = \frac{V_0}{S},$$

тогда увеличится давление воды на дно сосуда, а следовательно, и давление сосуда на чашку весов. Сила давления увеличится на величину, равную архимедовой силе, действующей на погруженный брусок:

$$F = \rho_{\text{в}} V_0 g,$$

где $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды.

Итак, равновесие нарушится (перевесит чашка весов с водой).

Задание 4

Экспериментальная задача: Определите массу неизвестной массивной книги. Подробно опишите методику измерений, последовательность

действий. Приведите расчетные формулы и результаты измерений.
Оборудование:

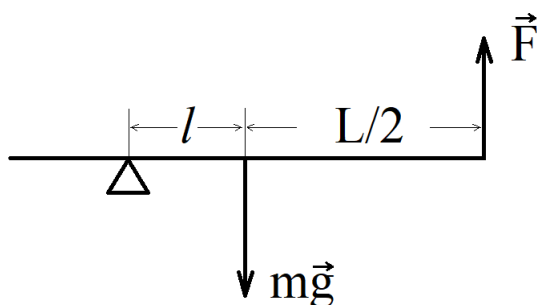
нить (длиной 1 метр), ножницы (по запросу участника) динамометр лабораторный (4 Н), массивная книга, линейка ученическая (длиной 20-30 см), карандаш или стержень аналогичного диаметра.

Возможное решение задания № 4

1 способ:

Согласно рисунку очевидно $mg l = F(L/2 + l)$. Отсюда следует

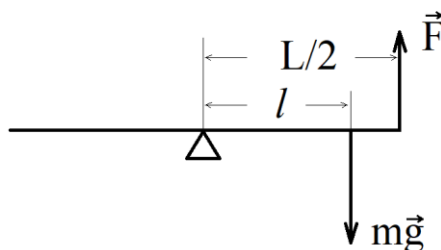
$$m = F(L/2 + l) / g l$$



При этом способе ученик должен указать, что массой линейки по сравнению с массой книги он пренебрегает.

2 способ:

Разместим опору под центром масс линейки (можно выполнять на краю стола).



Тогда условие равновесия для неё $mg l = F \frac{L}{2}$, откуда $m = \frac{FL}{2gl}$

В этом способе масса линейки не влияет на ответ.

Всероссийская олимпиада школьников по физике
2021-2022 уч. год
Муниципальный этап

9 класс

***Время выполнения –
230 минут***

Задание 1

На дне сосуда стоит деревянный куб с ребром $a=20$ см. В сосуд наливают воду, которая постепенно проникает под нижнюю грань куба. Когда уровень воды поднимется выше верхней грани куба на $h=5$ см, куб всплывает. Найдите площадь сухой поверхности нижней грани куба перед его всплытием. Известно, что плотность дерева $\rho_d=0,5$ г/см³, плотность воды $\rho_v=1$ г/см³.

Возможное решение задания № 1

Вода проникает под куб, а в ней давление распространяется по закону Паскаля во все стороны. Поэтому всплытие куба обеспечит разность давлений воды на его верхнюю и нижнюю грани.

$$mg = F_A$$

$$F_A = F_n - F_v$$

Давление столба на верхнюю грань куба равно:

$$p_v = \rho g h = \frac{F_v}{a^2}$$

Давление на нижнюю грань равно:

$$p_n = \rho g(h + a) = \frac{F_n}{S_n}$$

Где S_n – площадь поверхности нижней грани, под которую проникла вода. Тогда:

$$mg = \rho g(h + a) * S_n - \rho g h * a^2$$

$$\rho_d a^3 = \rho(h + a) * S_n - \rho h * a^2$$

$$\rho(h + a) * S_n = \rho_d a^3 + \rho h * a^2$$

$$S_n = \frac{\rho_d a^3 + \rho h * a^2}{\rho(h + a)} = \frac{500 * 0,2^3 + 1000 * 0,05 * 0,2^2}{1000 * 0,25} = 0,024 \text{ м}^2$$

Таким образом, площадь сухой поверхности равна:

$$S_c = a^2 - S_n = 0,04 - 0,024 = 0,016 \text{ м}^2$$

Ответ: $0,016 \text{ м}^2$

Задание 2

Кусок охлажденного льда поместили в калориметр. В таблице 1 приведены результаты измерений температуры содержимого калориметра. Изобразите на одном рисунке графики изменения температуры льда и воды

от времени. На основании экспериментальных данных определите удельные теплоемкости льда и воды. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330 \text{ кДж/кг}$. Теплоемкостью калориметра пренебречь.

$t, ^\circ\text{C}$	-4,8	-2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	4,9
$\tau, \text{с}$	0	5	10	15	20	320	330	340	350	360

Возможное решение задания № 2

В результате теплообмена с окружающей средой содержимое калориметра нагревается. В рассматриваемом интервале температур подводимая тепловая мощность практически постоянна. Отсюда количество теплоты, затраченное на нагрев льда:

$$N\tau_{12} = c_l m(t_2 - t_1),$$

количество теплоты, необходимое для плавления льда:

$$N\tau_{23} = \lambda m,$$

количество теплоты, затраченное на нагрев воды:

$$N\tau_{34} = c_v m(t_4 - t_3)$$

из этих уравнений получаем:

$$c_l = \frac{\lambda}{(t_2 - t_1)} * \frac{\tau_{12}}{\tau_{23}} = 2,1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} * ^\circ\text{C}}$$

$$c_v = \frac{\lambda}{(t_4 - t_3)} * \frac{\tau_{34}}{\tau_{23}} = 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} * ^\circ\text{C}}$$

Задание 3

Четыре одинаковые лампы сопротивлением 6 Ом каждая подключены к источнику постоянного напряжения (см. Рис. 1). Определите силу тока в каждой лампе, если напряжение на источнике составляет 30 В.

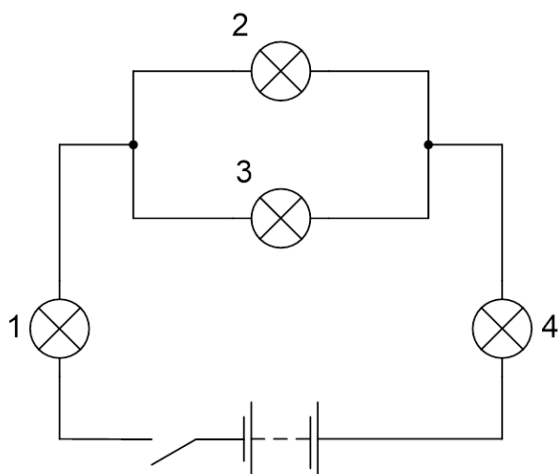


рис. 1

Возможное решение задания № 3

На рисунке изображена электрическая цепь со смешанным соединением проводников: лампы 2 и 3 соединены параллельно, а лампы 2 и 4 соединены последовательно с участком цепи, состоящим из ламп 2 и 3.

Проводимость участка цепи, состоящего из ламп 2 и 3:

$$\frac{1}{R_{2,3}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Следовательно, сопротивление этого участка равно:

$$R_{2,3} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{6 * 6}{6 + 6} = 3 \text{ Ом}$$

Так как лампы 1 и 4 соединены последовательно с участком цепи, состоящим из ламп 2 и 3, то общее сопротивление ламп:

$$R = R_1 + R_{2,3} + R_4 = 6 + 3 + 6 = 15 \text{ Ом}$$

Согласно закону Ома, сила тока во всей цепи:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{30}{15} = 2 \text{ А}$$

Так как при последовательном соединении проводников силы тока в каждом из проводников равны и равны общей силе тока на участке цепи, то:

$$I_1 = I_{2,3} = I_4 = I = 2 \text{ А}$$

Необходимо найти силу тока на лампах 2 и 3. Для этого вычислим напряжение на участке цепи, который состоит из ламп 2 и 3:

$$U_{2,3} = I_{2,3} R_{2,3} = 2 * 3 = 6 \text{ В}$$

Так как лампы 2 и 3 соединены параллельно, то напряжение на этих лампах равны:

$$U_2 = U_3 = U_{2,3} = 6 \text{ В}$$

Сила тока в каждой лампе:

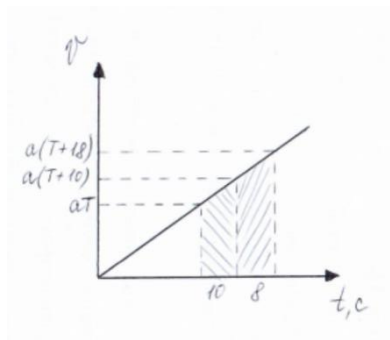
$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{6}{6} = 1 \text{ А}$$

$$I_3 = I_{2,3} - I_2 = 2 - 1 = 1 \text{ А}$$

Задание 4

1. Пассажир, опоздавший к поезду, заметил, что предпоследний вагон прошел мимо него за $t_1 = 10 \text{ с}$, а последний – за $t_2 = 8 \text{ с}$. Считая движение поезда равноускоренным, определите время опоздания T .

Возможное решение задания № 4



Графическое решение задачи основано на том, что площадь под графиком скорости численно равна пройденному пути за время t_1 и t_2 – это равные длины вагонов, поэтому:

$$l = \frac{aT + a(T + 10)}{2} * 10$$

$$l = \frac{a(T + 10) + a(T + 18)}{2} * 8$$

Приравниваем правые части уравнений: $\frac{T+(T+10)}{2} * 10 = \frac{(T+10)+(T+18)}{2} * 8$
откуда $T = 31$ с

Задание 5

Экспериментальная задача: Определить высоту от пола до верхней поверхности стола, исключая прямое измерение высоты по вертикали. Подробно опишите методику измерений, последовательность действий. Приведите расчётные формулы и результаты измерений.

Оборудование: ученическая линейка, нить длиной примерно 1 м с грузом (например, гайка), лист бумаги.

Возможное решение задания № 5

Для организаторов: стол (стул) должны быть с горизонтальной поверхностью. Прямые измерения высоты по вертикали исключаются.

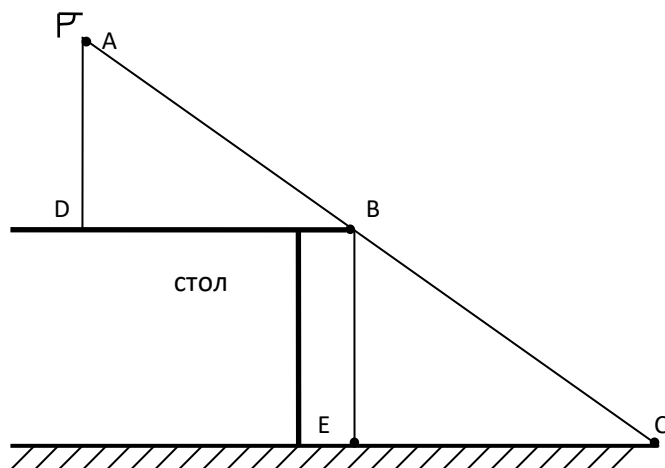


Рис. 1

С помощью нити с грузом отмечаем на полоске бумаги положение точки E (рис.1) на полу. Глаз находится в точке A . Подбираем положение глаза так, чтобы он и край стола (точка B) находились на одной прямой AC . Точку C также можно отметить узкой полоской бумаги. Положение точки D может быть найдено с помощью отвеса и отмечается узкой полоской бумаги. Отрезки DB , AD и EC измеряются с помощью линейки. Из подобия прямоугольных треугольников $\triangle DAB$ и $\triangle BCE$ следует, что

$$\frac{BE}{EC} = \frac{AD}{DB}$$

Отсюда находим высоту от пола до верхней поверхности стола

$$BE = EC \frac{AD}{DB}$$

**Всероссийская олимпиада школьников по физике
2021-2022 уч. год
Муниципальный этап**

10 класс

**Время выполнения –
230 минут**

Задание 1

У экспериментатора был школьный стрелочный вольтметр, позволяющий измерять напряжение до $U_1 = 4\text{В}$. Методом подбора экспериментатор установил, что если последовательно с вольтметром подключить резистор сопротивлением $R = 6\text{ кОм}$, тогда этим вольтметром можно будет измерять напряжение до $U_2 = 10\text{В}$. Тогда он решил продолжить модернизацию вольтметра.

Он рассчитал, что если параллельно школьному вольтметру подключить шунт (резистор сопротивлением $R_{ш}$), то с помощью получившегося прибора можно будет измерять силу тока до $I_{max} = 10\text{ мА}$. Каково сопротивление шунта $R_{ш}$?

Возможное решение задания № 1

Пусть внутреннее сопротивление вольтметра равно r . Применим закон Ома для участка цепи к схеме с вольтметром: $I_1 = U_1/r$,

где I_1 – максимальная сила тока, протекающего через вольтметр при отклонении стрелки на всю шкалу.

После подключения добавочного сопротивления получим: $I_1(r+R) = U_2$.

Решая совместно уравнения, найдем: $r = R \frac{U_1}{U_2 - U_1} = 4\text{ кОм}$.

При подключении к вольтметру шунта получим: $I_{ш} + I_1 = I_{max}$,

$$\frac{U_1}{R_{ш}} + \frac{U_1}{r} = I_{max}$$

Отсюда находим $R_{ш} = \frac{RU_1}{RI_{max} - (U_2 - U_1)} \approx 444\text{ Ом}$

Задание № 2

В цилиндрическую банку с водой опустили латунную чашку так, что она плавает. При этом вода в банке поднялась на 2,3 см. На сколько изменится уровень воды в банке, если чашку полностью утопить? Плотность воды 1 г/см^3 , латуни $8,8\text{ г/см}^3$.

Возможное решение задания № 2

Для плавающей чашки: $mg = \rho_{в}gV$

$$V = h_1 S$$

$$m = \rho_{л} h_1 S$$

$$S = \frac{m}{\rho_B h_1}$$

Для утонувшей чашки: $V_2 = h_2 S = \frac{m}{\rho_L} \Rightarrow h_2 = \frac{m}{\rho_L S}$

$$\Delta h = h_1 - h_2 = h_1 \left(1 - \frac{\rho_B}{\rho_L} \right) = -2 \text{ см}$$

Задание 3

Сплошной шарик из алюминия диаметром $d = 1 \text{ см}$ бросили в 50%-ный раствор азотной кислоты. В данных условиях с одного квадратного сантиметра поверхности растворяется 10^{-4} г алюминия в час. Через какое время шарик полностью растворится в кислоте?

Плотность алюминия $\rho_A = 2,7 \text{ г/см}^3$

Возможное решение задания № 2

Рассмотрим процесс коррозии. Пусть в некоторый момент времени шарик имел радиус R и площадь поверхности S , и пусть за маленький промежуток времени Δt радиус шарика вследствие коррозии уменьшился на величину ΔR .

Тогда объём растворённого за это время алюминия будет равен

$$\Delta V = S \Delta R,$$

его масса составляет $\Delta m = \rho S \Delta R$.

С другой стороны, масса растворённого за время Δt алюминия равна

$$\Delta m = G S \Delta t,$$

где $G = 10^{-4} \text{ г/(см}^2 \cdot \text{ч)}$ - количество граммов металла, растворяющегося за один час с одного квадратного сантиметра поверхности.

Приравняем полученные выражения: $\rho S \Delta R = G S \Delta t$.

Отсюда скорость уменьшения радиуса шарика: $\Delta R / \Delta t = G / \rho$.

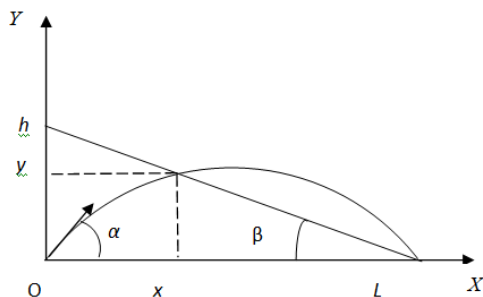
Мы видим, что радиус шарика уменьшается с постоянной скоростью. Теперь можно получить ответ задачи. Ясно, что шарик растворится полностью тогда, когда изменение его радиуса ΔR станет равно половине его начального диаметра. Тогда из последней формулы получаем:

$$T = \rho d / 2G = 562,5 \text{ суток.}$$

Задание 4

Небольшая лампочка освещает вертикальную стену. Проходящий вдоль стены хулиган швырнул в лампочку камень под углом 45° к горизонту и попал в неё. Найдите закон движения $h(t)$ тени от камня по стене, считая, что лампочка и точка броска находятся на одной и той же высоте $h = 0$, а в момент броска хулиган находился на расстоянии L от лампочки.

Возможное решение задания № 4



Пусть v_0 – скорость камня в момент броска. Так как угол $\alpha = 45^\circ$, то $v_{xo} = v_{yo} = v_0 \frac{\sqrt{2}}{2} \equiv v_1$. Тогда $y = v_1 t - \frac{gt^2}{2}$ $x = v_1 t$

Из рисунка 1 видно, что $h = L \operatorname{tg} \beta = L \frac{y}{L-x}$

Пусть $t_0 = \frac{2v_1}{g}$ – время полета камня, тогда $L = v_1 t_0$ (1) и $v_1 = \frac{gt_0}{2}$ (2)

Подставив x и y в выражение для h , получим

$$h = L \frac{v_1 t - \frac{gt^2}{2}}{L - v_1 t} = L t \frac{v_1 - \frac{gt}{2}}{L - v_1 t}$$

Умножим и разделим на v_1 и учтем, что $\frac{L}{v_1} = t_0$

$$h = \frac{L}{v_1} \cdot v_1 t \frac{v_1 - \frac{gt}{2}}{L - v_1 t} = v_1 t \frac{v_1 t_0 - \frac{gt_0}{2} t}{L - v_1 t}$$

$$\text{Учтем (1) и (2)} \quad h = \frac{L - v_1 t}{L - v_1 t} \cdot v_1 t = v_1 t$$

Таким образом, тень от камня по стене будет двигаться с постоянной скоростью. Так как дальность полета $L = \frac{2v_1^2}{g}$, то окончательно получим:

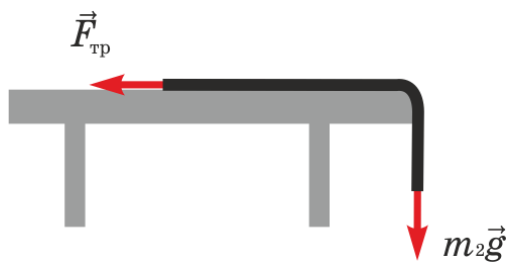
$$h(t) = \sqrt{\frac{Lg}{2}} t$$

Задание 5.

Экспериментальная задача: Определите коэффициент трения нити о бумагу. Подробно опишите методику измерений, последовательность действий. Приведите расчетные формулы и результаты измерений.

Оборудование: нить длиной 25-40 см; развернутый лист ученической тетради в клетку;

Возможное решение задания № 5



На горизонтальный стол накладываем развернутый лист бумаги, на нее перпендикулярно краю стола кладем нить, которую постепенно перемещая, добиваемся, чтобы она свисала, но еще не падала. Тогда очевидно: $F_{\text{тр}} = m_2 g$;

$$m_1 = \tau \ell_1 \quad (\tau - \text{линейная плотность нити}); \quad m_2 = \tau \ell_2; \quad F_{\text{тр}} = \mu m_1 g.$$

Следовательно: $\mu = \ell_2 / 4 \ell_1$. Для сравнения длин отрезков - бумага в клетку.

Всероссийская олимпиада школьников по физике
2021-2022 уч. год
Муниципальный этап

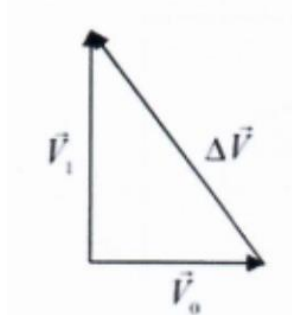
11 класс

***Время выполнения –
230 минут***

Задание № 1

Футболист нанес удар по мячу, летящему со скоростью $v_0 = 6$ м/с. После удара мяч изменил направление полета на перпендикулярное к исходному, а скорость его движения увеличилась до $v_1 = 8$ м/с. Анализ видеозаписи показал, что длительность удара была равна $\tau = 0,04$ с. Найдите средний модуль силы удара. Масса мяча $m = 800$ г. Считать, что направление силы в процессе удара оставалось неизменным.

Возможное решение задания № 1



Изменение скорости мяча за время удара определяется разностью вектором конечной и начальной скоростей: $\Delta \vec{v} = \vec{v}_1 - \vec{v}_0 \Rightarrow |\Delta \vec{v}| = \sqrt{v_0^2 + v_1^2}$

Изменение импульса мяча равно импульсу силы: $m|\Delta \vec{v}| = F_{\text{ср}}\tau$

поэтому средний модуль силы удара: $F_{\text{ср}} = \frac{m\sqrt{v_0^2 + v_1^2}}{\tau} = 200$ Н

Задание 2

Цикл 1 моля идеального одноатомного газа, являющегося рабочим телом теплового двигателя, состоит из изобарического расширения, в ходе которого объем газа возрастает в 2 раза, изохорического охлаждения и изотермического сжатия, в результате которого газ возвращается в исходное состояние с температурой T_0 . Найдите количество теплоты, получаемое газом от нагревателя за один цикл.

Возможное решение задания № 2

Из трех указанных процессов газ получает теплоту только в первом, поэтому количество теплоты, получаемое газом от нагревателя, в соответствии с первым началом термодинамики равно:

$$Q_{\text{н}} = Q_{12} = \frac{3}{2}R(T_2 - T_1) + p_1(V_2 - V_1)$$

Поскольку по условию $V_2 = 2V_1$, и, кроме того, в силу закона Гей-Люссака $T_2 = 2T_1$, то

$$Q_n = \frac{3}{2}RT_1 + p_1V_1$$

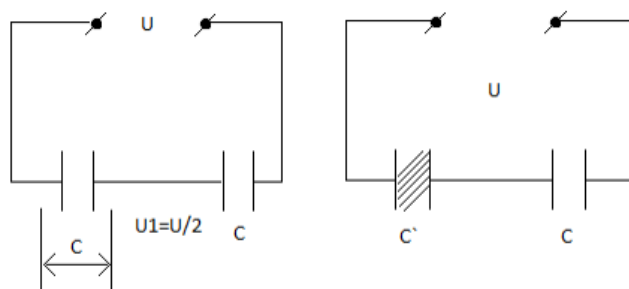
В соответствии с уравнением состояния $p_1V_1 = RT_1$, поэтому:

$$Q_n = \frac{5}{2}RT_1 = \frac{5}{2}RT_0$$

Задание № 3

Два одинаковых последовательно соединенных воздушных конденсатора подключены к источнику постоянного напряжения. Затем один из конденсаторов заполняют диэлектриком. При этом энергия его электрического поля изменится в 3 раза. Определить диэлектрическую проницаемость вещества, заполняющего конденсатор.

Возможное решение задания № 3



$$\text{Заряд конденсатора: } Q_1 = \frac{CU}{2}$$

$$\text{Энергия конденсатора: } W_1 = \frac{Q_1^2}{2C} = \frac{CU^2}{8}$$

$$\text{После введения пластины: } Q_2 = \frac{\varepsilon CU}{(\varepsilon + 1)}$$

$$W_2 = \frac{Q_2^2}{2\varepsilon C} = \frac{\varepsilon CU^2}{2(\varepsilon + 1)^2}; \quad W_1 = 3W_2; \quad \frac{CU^2}{8} = \frac{3\varepsilon CU^2}{2(\varepsilon + 1)^2}$$

$$12\varepsilon = (\varepsilon + 1)^2$$

$$\varepsilon^2 - 10\varepsilon + 1 = 0$$

$$\varepsilon = 10$$

Задание 4

Молоток массой 0,9 кг в момент удара о шляпку гвоздя имеет скорость 2 м/с и забивает его в бревно на глубину 7 мм. Какой массы груз необходимо положить на шляпку гвоздя, чтобы он вошел в бревно на такую же глубину?

Возможное решение задания № 4

Кинетическая энергия молотка в момент удара:

$$E_{\text{км}} = \frac{Mv^2}{2}$$

Потенциальная энергия молотка (начальный уровень связан с положением шляпки гвоздя после удара): $E_{\text{пм}} = Mgh$

Потенциальная энергия гвоздя: $E_{\text{пг}} = mgh$

После удара: $E_{\text{пг}}=0$; $E_{\text{км}}=0$; $E_{\text{пм}}=0$

Энергия, затраченная на работу против сил сопротивления движению гвоздя в бревне: $E = Fh$

$$\frac{Mv^2}{2} + Mgh + mgh = Fh$$

1) Необходимо положить груз массы M_1 так, чтобы гвоздь опустился на такую же глубину.

Начальные условия:

Потенциальная энергия груза: $E_{\text{пг}} = M_1gh$

Потенциальная энергия гвоздя: $E_{\text{пг}} = mgh$

В конечном положении потенциальные энергии груза и гвоздя равны нулю, так как нулевой уровень связан с конечным положением шляпки.

Энергия, затраченная на работу против сил сопротивления движению гвоздя в бревне: $E = Fh$

Тогда:

$$\begin{aligned} M_1gh + mgh &= Fh \\ \frac{Mv^2}{2} + Mgh + mgh &= M_1gh + mgh \\ M_1 &= \frac{Mv^2}{2gh} + M \\ M_1 &= \frac{0,9 * 2^2}{2 * 10 * 7 * 10^{-3}} + 0,9 = 26,6 \text{ кг} \end{aligned}$$

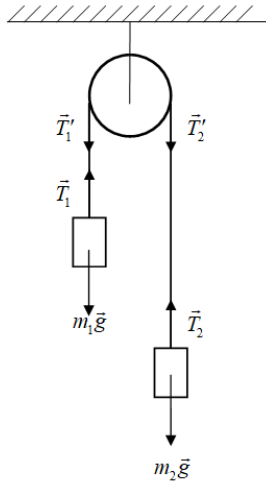
Задание 5.

Экспериментальная задача: Оцените отношение масс двух грузиков. Подробно опишите методику измерений, последовательность действий. Приведите расчетные формулы и результаты измерений.

Оборудование: прочная нить с закреплёнными на её концах грузиками различной массы, ученическая линейка, секундомер, штатив с закреплённым в нём блоком.

Возможное решение задания № 5

Для организаторов: в качестве блока можно использовать гладкий цилиндр.



Если трение нити при её скольжении по цилиндру мало, то, глядя на рис. 1, при $m_2 > m_1$, запишем

$$\begin{cases} m_1 a = T - m_1 g \\ m_2 a = m_2 g - T \end{cases}$$

Отсюда

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g$$

Обозначая $\alpha = m_2/m_1$, получим

$$a = \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} g$$

Отсюда находим

$$\alpha = \frac{a + g}{g - a}$$

Если грузы отпускаются без начальной скорости, то расстояние h , на которое опустится грузик m_2 за время t равно

$$h = \frac{at^2}{2}$$

Отсюда

$$\alpha = \frac{m_2}{m_1} = \frac{\frac{2h}{t^2} + g}{g - \frac{2h}{t^2}}$$

Ускорение $g = 9,8 \text{ м/с}^2$, h и t измеряются. Ускорение свободного падения можно округлить до 10 м/с^2 .