

МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ
отборочного этапа
олимпиады школьников «Наследники Левши» по физике
2015/16 учебного года
с ответами



ФГБОУ ВПО
«Тульский государственный университет»

Олимпиада школьников
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике
2015/16

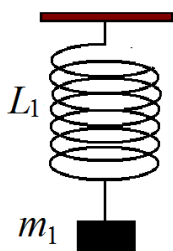


Отборочный этап

8 класс

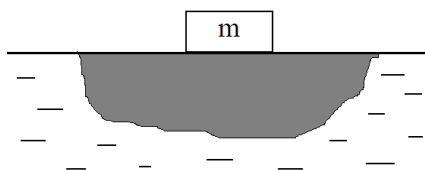
1. Автоколонна движется со скоростью $v_1 = 36 \text{ км/ч}$, растянувшись вдоль дороги на расстояние $L = 600 \text{ м}$. Из хвоста колонны в голову посылается машина сопровождения, которая затем возвращается обратно. Сколько времени ушло на поездку, если скорость этой машины $v_2 = 72 \text{ км/ч}$? (20 баллов)

Ответ: 80с



2. К пружине, висящей вертикально, подвешивают груз массой $m_1 = 100 \text{ г}$. Длина пружины становится равна $L_1 = 16 \text{ см}$. Если к той же пружине подвесить груз массой $m_2 = 200 \text{ г}$, то её длина становится $L_2 = 18 \text{ см}$. Определить жесткость пружины. Ответ: 50Н/м

3. С балкона, с высоты $H = 20 \text{ м}$, бросают вертикально вниз небольшой стальной шарик со скоростью $v_0 = 4 \text{ м/с}$. На какой высоте скорость шарика станет в три раза больше? Сопротивлением воздуха пренебречь, ускорение свободного падения считать равным $g = 10 \text{ м/с}^2$. (20 баллов) Ответ: 13,6 м



- Льдина объемом $V = 1 \text{ м}^3$ плавает в воде. Груз какой максимальной массы можно положить на льдину, чтобы она не затонула? Плотность воды $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$, плотность льда $\rho_2 = 900 \text{ кг/м}^3$.
Ответ: 100 кг

5. При изготовлении льда в комнатном холодильнике температура воды за 5 минут понизилась от $t_1 = 16^\circ \text{ C}$ до $t_2 = 12^\circ \text{ C}$ и ещё через 1 час 55 мин вода превратилась в лёд. Найти удельную теплоту кристаллизации воды.

Удельная теплоемкость льда $c_1 = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$, удельная теплоемкость воды

$c_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$. Ответ: $\lambda = 3,35 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$



ФГБОУ ВПО
«Тульский государственный университет»

Олимпиада школьников
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике
2015/16



Отборочный этап

9 класс

1. Дождевая капля в момент, когда она достигает поверхности земли, имеет скорость $V_1 = 20 \text{ м/с}$. Одна из капель падает в колодец глубиной 25 м. Сколько времени нужно для того, чтобы человек, нагнувшийся над колодецем, услышал удар капли о поверхность воды, если скорость звука в воздухе $V_2 = 340 \text{ м/с}$? Ускорение свободного падения считать равным $g = 10 \text{ м/с}^2$. **Ответ: 1,07с**
2. Подлетая к неизвестной планете, космонавты придали своему кораблю горизонтальную скорость $V = 11 \text{ км/с}$. Эта скорость обеспечила полет корабля по круговой орбите радиусом $r = 9100 \text{ км}$. Каково ускорение свободного падения у поверхности планеты, если её радиус $R = 8900 \text{ км}$. (20 баллов) **Ответ: $g = 14 \text{ м/с}^2$.**
3. Какой длины надо взять нихромовый проводник диаметром 0,5 мм, чтобы изготовить электрический камин, работающий при напряжении $U = 120 \text{ В}$ и дающий $Q = 10^6 \text{ Дж}$ теплоты в час? Удельное сопротивление нихрома $\rho = 11 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. **Ответ: 9,2м**
4. У окна с двойными рамами стоит цветок. В окне видны два его изображения. Определите расстояние между изображениями, если расстояние между стеклами рам $L = 10 \text{ см}$. **Ответ: 20 см**
5. Какую массу балласта надо сбросить с равномерно опускающегося аэростата, чтобы он начал равномерно подниматься с той же скоростью? Масса аэростата с балластом $M = 1200 \text{ кг}$, подъемная сила аэростата постоянна и равна $F = 8000 \text{ Н}$. Силу сопротивления считать одинаковой при подъеме и спуске. **Ответ: 800 кг**



ФГБОУ ВПО
«Тульский государственный университет»

Олимпиада школьников
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике
2015/16



Отборочный этап

10 класс

1. Максимальная дальность прыжка лягушонка составляет $L = 0,6$ м. На какую максимальную высоту он может подпрыгнуть, если будет прыгать вверх с той же начальной скоростью?

Ответ: 0,3 м

2. Брусок, находящийся на наклонной плоскости, начинает соскальзывать по ней, если угол наклона плоскости к горизонту составляет $\alpha = 30^\circ$. С каким ускорением будет скользить брусок по той же плоскости при угле наклона $\beta = 60^\circ$. Ускорение свободного падения считать равным $g = 10 \text{ м/с}^2$. **От-**

вет: $5,8 \text{ м/с}^2$

3. Конькобежец массы $M = 70$ кг, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массы $m = 3$ кг со скоростью $V = 8 \text{ м/с}$. Определить на какое расстояние откатится при этом конькобежец, если известно, что коэффициент трения коньков о лед $\mu = 0,02$.

Ответ: 0,3 м

4. В медном проводнике длиной $L = 2$ м и площадью поперечного сечения $S = 0,4 \text{ мм}^2$ идет ток. При этом каждую секунду выделяется $Q = 0,35$ Дж теплоты. Сколько электронов проходит за одну секунду через поперечное сечение этого проводника? Удельное сопротивление меди $\rho = 0,17 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Заряд электрона равен $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

Ответ: $1,27 \cdot 10^{19}$

5. Вследствие ряда последовательных α и β - распадов уран ${}_{92}\text{U}^{238}$ превращается в свинец ${}_{82}\text{Pb}^{206}$. Каково общее количество распадов при этом превращении?

Ответ: 14



ФГБОУ ВПО
«Тульский государственный университет»

Олимпиада школьников
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике
2015/16



Отборочный этап

11 класс

1. Моторист направляет движение лодки так, что если бы не было течения реки, лодка двигалась бы перпендикулярно к берегу со скоростью $V_0 = 7,2 \text{ км/ч}$. Течение относит лодку на $l = 150 \text{ м}$ вниз по реке. Найти скорость течения реки V_p , время t , затраченное на переезд через реку, скорость движения лодки V_l . Ширина реки $h = 0,5 \text{ км}$.

Ответ: $V_p = 06 \text{ м/с}$. $t = 250 \text{ с}$ $V_l = 12 \text{ м/с}$

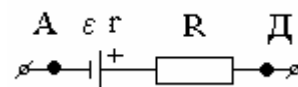
2. Шарик массой $m = 10 \text{ г}$ падает на горизонтальную плоскость с высоты $H_1 = 27 \text{ см}$. Найти среднюю силу удара F_c в случае, если шарик пластмассовый и после удара поднимается на высоту $H_2 = 12 \text{ см}$. Соприкосновение шарика с плоскостью длилось (длительность удара) $0,03 \text{ с}$.

Ответ: $F = 1,3 \text{ Н}$

3. Солнечный луч проходит через отверстие в стене, составляет с поверхностью стола угол 48° . Как надо расположить плоское зеркало, чтобы изменить направление луча на горизонтальное?

Ответ: 24°

4. Определить силу и направление тока, идущего по участку АД. ЭДС источника $\varepsilon = 10 \text{ В}$, внутреннее сопротивление $r = 2 \text{ Ом}$. Потенциалы точек: $\varphi_A = 5 \text{ В}$, $\varphi_D = 25 \text{ В}$. Сопротивление проводов $R = 3 \text{ Ом}$.



Ответ: $I = -2 \text{ А}$

5. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 307 \text{ нм}$ и максимальная кинетическая энергия T_{max} фотоэлектрона равна 1 эВ . ($h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$)

Ответ: $0,8$

МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ
заключительного этапа
олимпиады школьников «Наследники Левши» по физике
2015/16 учебного года
с решениями

8 класс

1. Идущая вверх по реке моторная лодка встретила сплавляемый по течению реки плот. Через $t_1 = 1 \text{ час}$ после встречи лодочный мотор заглох. Ремонт мотора продолжался $t_2 = 30 \text{ мин}$. В течение этого времени лодка свободно плыла вниз по течению. После ремонта лодка поплыла вниз по течению с прежней относительно воды скоростью и нагнала плоты на расстоянии $S = 7,5 \text{ км}$ от места их первой встречи. Определить скорость течения реки, считая её постоянной.

РЕШЕНИЕ

Расстояние между лодкой и плотом увеличивалось в течение часа, во время ремонта расстояние между ними не менялось. Скорость лодки относительно воды (и плота) после ремонта осталась прежней, следовательно, лодка догонит плот через $t_3 = 1 \text{ час}$ после ремонта. Общее время движения плота $t = t_1 + t_2 + t_3 = 2,5 \text{ час}$. Тогда скорость течения реки $v = \frac{S}{t} = \frac{7,5 \text{ км}}{2,5 \text{ час}} = 3 \text{ км/час}$.

Ответ: 3 км/час

2. Электрический чайник имеет две обмотки. Если включить первую обмотку вода в чайнике закипит через $t_1 = 10 \text{ мин}$, если включить только вторую - через $t_2 = 6 \text{ мин}$. Через сколько минут закипит вода, если обмотки включить а) последовательно, б) параллельно.

Ответ: а) 16 мин, б) 3,75 мин

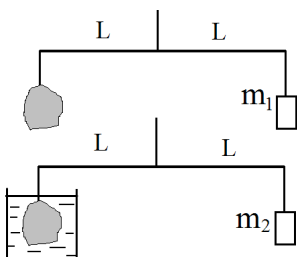
РЕШЕНИЕ

Для первой обмотки $Q = \frac{U^2 t_1}{R_1} \Rightarrow R_1 = \frac{U^2}{Q} t_1 = At_1$, для второй $R_2 = \frac{U^2}{Q} t_2 = At_2$. При последовательном соединении $R = R_1 + R_2$, $Q = \frac{U^2 t_3}{R_1 + R_2} \Rightarrow t_3 = \frac{Q}{U^2} (R_1 + R_2) = \frac{At_1 + At_2}{A} = t_1 + t_2 = 16 \text{ мин}$.

При параллельном соединении сопротивление будет $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{At_1 t_2}{t_1 + t_2}$,

$$Q = \frac{U^2 t_4}{R} \Rightarrow t_4 = \frac{Q}{U^2} R = \frac{R}{A} = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = \frac{10 \cdot 6}{10 + 6} = 3,75 \text{ мин}.$$

Ответ: 16 мин при последовательном; 3,75 мин при параллельном соединении



4. Ученикам дали задание определить сколько меди и сколько серебра содержится в куске сплава из этих металлов. Ученики взяли рычажные весы с равными плечами и подвесили кусок сплава к одному рычагу. Сплав уравнился грузом массы $m_1 = 289 \text{ г}$. Если кусок сплава опустить в воду, то весы уравниваются грузом $m_2 = 259 \text{ г}$. Плотности меди, серебра и воды равны

соответственно $\rho_m = 8,92/\text{см}^3$, $\rho_c = 10,52/\text{см}^3$, $\rho_6 = 12/\text{см}^3$. Какой результат получили ученики?

5.

РЕШЕНИЕ

Масса $m_1 = m_c + m_m = \rho_m V_1 + \rho_c (V - V_1)$. (1)

В жидкости на груз кроме силы тяжести действует сила Архимеда. Запишем равенство моментов сил относительно точки подвеса $m_1 g L - \rho_6 g L V = m_2 g L \Rightarrow V = \frac{m_1 - m_2}{\rho_6}$. Подставляем объем

в (1) и получаем $V_1 = 16,25\text{м}^3$,

Ответ: меди -145г, серебра-144г

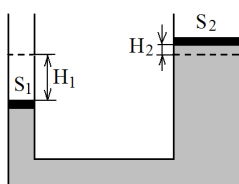
4. При выстреле вертикально вверх свинцовая пуля достигла высоты $H = 1200\text{м}$. При падении, ударившись о землю, она нагрелась. Считая, что 50% всей энергии удара пошло на нагревание пули, рассчитать, на сколько градусов повысится ее температура. Сопротивлением воздуха пренебречь, ускорение свободного падения считать равным $g = 10\text{м}/\text{с}^2$. Удельная теплоемкость свинца $c = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$.

РЕШЕНИЕ

Так как при ударе только 50% пойдет на нагревание пули, то

$$0,5mgH = cm\Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{0,5mgH}{cm} = \frac{0,5gH}{c} = 46^\circ \text{C}$$

Ответ: 46°



5. Малый поршень гидравлического пресса за один ход опускается на $H_1 = 25\text{см}$, а большой поднимается на $H_2 = 5\text{мм}$. Определить силу давления, передаваемую на большой поршень, если на малый действует сила $F_1 = 200\text{Н}$.

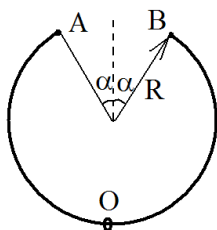
РЕШЕНИЕ

Из равенства объема вытесненной жидкости в узком колене и увеличения объема жидкости в широком колене получаем $S_1 H_1 = S_2 H_2$. Из равенства давлений

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \Rightarrow F_2 = \frac{F_1 S_2}{S_1} = \frac{F_1 H_1}{H_2} = \frac{200 \cdot 0,25}{0,005} = 10\text{кН}$$

Ответ: 10кН .

9 класс



1. Проволока изогнута по дуге окружности радиуса $R = 0,5$ м. По проволоке без трения может двигаться кольцо. Какую скорость надо сообщить кольцу, находящемуся в точке O , чтобы оно, слетев с окружности в точке A , попало на проволоку в точке B . Угол равен $\alpha = 60^\circ$. Ускорение свободного падения считать равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

РЕШЕНИЕ

Из закона сохранения энергии $mgh + \frac{mV^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2}$. Высота $h = (R + R \cos \alpha)$

Расстояние между точками A и B равно $S = \frac{V^2 2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = 2R \sin \alpha$, следовательно

$V^2 = \frac{Rg}{\cos \alpha}$. Подставляем эти величины в закон сохранения энергии

$$mgR(1 + \cos \alpha) + \frac{mRg}{2 \cos \alpha} = \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow V_0^2 = \frac{gR}{\cos \alpha} + 2gR(1 + \cos \alpha) = 5gR, \text{ т.к. } \cos \alpha = \frac{1}{2}, \alpha = 60^\circ.$$

$$V_0 = \sqrt{5gR} = 5 \text{ м/с}$$

Ответ: 5 м/с

2. Электрический чайник имеет три обмотки. Если включить первую обмотку вода в чайнике закипит через $t_1 = 10 \text{ мин}$, при включении второй - через $t_2 = 8 \text{ мин}$, при включении третьей - через $t_3 = 15 \text{ мин}$. Через сколько минут закипит вода, если обмотки включить а) последовательно, б) параллельно.

РЕШЕНИЕ

Для первой обмотки $Q = \frac{U^2 t_1}{R_1} \Rightarrow R_1 = \frac{U^2}{Q} t_1 = At_1$, для второй $Q = \frac{U^2 t_2}{R_2} \Rightarrow R_2 = \frac{U^2}{Q} t_2 = At_2$, для

третьей $R_3 = At_3$. Количество теплоты $Q = \frac{U^2}{R} t \Rightarrow t = \frac{QR}{U^2} = \frac{R}{A}$.

а) При последовательном соединении сопротивление $R = R_1 + R_2 + R_3 = A(t_1 + t_2 + t_3)$, тогда $t = \frac{R}{A} = t_1 + t_2 + t_3 = 10 + 8 + 15 = 33 \text{ мин}$

б) При параллельном соединении сопротивление найдем из условия $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$,

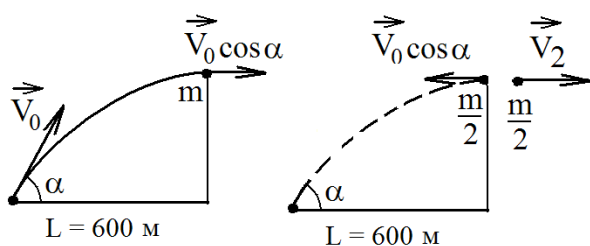
$$R = \frac{At_1 t_2 t_3}{t_1 t_2 + t_2 t_3 + t_1 t_3}.$$

Тогда время $t = \frac{R}{A} = \frac{t_1 t_2 t_3}{t_1 t_2 + t_2 t_3 + t_1 t_3} = \frac{10 \cdot 8 \cdot 15}{80 + 120 + 150} = 3,43 \text{ мин}$.

Ответ: а) 33 мин, б) 3,43 мин

3. Снаряд, вылетевший из орудия, разбивается на два одинаковых осколка в верхней точке траектории на расстоянии $L = 600$ м по горизонтали от орудия. Один из осколков летит в обратном направлении, возвращаясь к орудью по той же траектории, по которой летел снаряд до разрыва. На каком расстоянии S от орудия упадет второй осколок? Точка выстрела и точка падения осколков находятся на одной горизонтали.

РЕШЕНИЕ



Скорость снаряда в верхней точке траектории $V = V_0 \cos \alpha$. Первый осколок летит в обратном направлении с прежней скоростью. Скорость второго находим из закона сохранения импульса

$$mV_0 \cos \alpha = -\frac{1}{2}mV_0 \cos \alpha + \frac{m}{2}V_2. \quad \text{Получаем}$$

$V_2 = 3V_0 \cos \alpha$, следовательно $L_2 = 3L$, а общее

расстояние $S = 4L = 2400$ м.

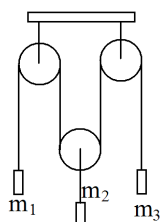
Ответ: 2400 м

4. Какое количество воды превратится в пар, если в сосуд, содержащий $m_1 = 1$ кг воды при температуре $t_1 = 20^\circ \text{C}$, влить $m_2 = 10$ кг расплавленного свинца при температуре плавления $t_2 = 327^\circ \text{C}$? Сосуд латунный, его масса $m_3 = 0,5$ кг. Потерями тепла пренебречь. Удельная теплоемкость воды $c_1 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$, латуни $c_2 = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$, свинца $c_3 = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$, удельная теплота плавления свинца $\lambda = 25 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$, удельная теплота парообразования воды $r = 22,6 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$.

РЕШЕНИЕ

Для определения массы испарившейся воды Δm составим уравнение теплового баланса $m_1 c_1 (t - t_1) + \Delta m r + m_3 c_2 (t - t_1) + m_2 c_3 (t - t_2) - m_2 \lambda = 0$, где $t = 100^\circ \text{C}$ - температура кипения воды. Решая это уравнение, получаем $\Delta m = 0,086$ кг.

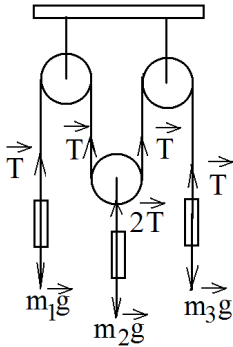
Ответ: 0,086 кг



4. Через два неподвижных блока перекинута невесомая нерастяжимая нить, к концам которой подвешены два груза массами

$m_1 = 1\text{кг}$, $m_3 = 3\text{кг}$, а на середину нити поместили подвижный блок (см. рис.). К подвижному блоку прикрепили груз массой $m_2 = 2\text{кг}$. Определить ускорение, с которым движется груз m_2 . Массами блоков и трением можно пренебречь, ускорение свободного падения считать $g = 10\text{м/с}^2$.

РЕШЕНИЕ



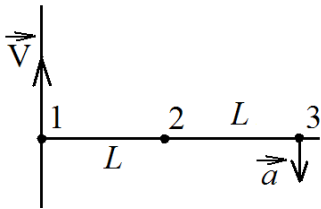
Составим систему уравнений

$$\left. \begin{aligned} m_1 g - T &= m_1 a_1 \\ m_2 g - 2T &= m_2 a_2 \\ m_3 g - T &= m_3 a_3 \\ a_2 &= -\frac{a_1 + a_3}{2} \end{aligned} \right\}$$

Решая эту систему уравнений, получаем $a_2 = -2\text{м/с}^2$;

Ответ: -2м/с^2

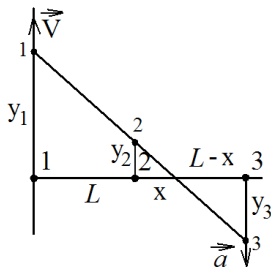
10 класс



1. Три точки в момент времени $t = 0$ находятся на одной горизонтальной прямой на одинаковом расстоянии $L = 20\text{ см}$ друг от друга. Первая точка начинает двигаться вертикально вверх со скоростью $V = 2\text{ см/с}$, третья без начальной скорости вертикально вниз с ускорением $a = 1\text{ см/с}^2$. Как движется по вертикали вторая точка, если в любой момент времени все точки находятся на одной прямой? Все точки начинают двигаться

одновременно.

РЕШЕНИЕ



Через некоторое время точки займут новое положение, оставаясь на одной прямой. Из подобия треугольников следует $\frac{y_1}{L+x} = \frac{y_2}{x}$ (1);

$\frac{y_3}{L-x} = \frac{y_2}{x}$ (2). Решая эту систему уравнений, получаем

$y_2 = \frac{y_1 - y_3}{2}$. Подставляя $y_1 = Vt$; $y_3 = \frac{at^2}{2}$, получим

$y_2 = \frac{1}{2} \left(Vt - \frac{at^2}{2} \right)$. Следовательно, скорость равна $V_2 = V/2 = 1\text{ см/с}$, ускорение направлено вниз и равно $a_2 = a/2 = 0,5\text{ см/с}^2$.

Ответ: 1см/с вверх, $a = 0,5$ вниз

2. Космонавт затратил время $t_1 = 10$ мин на осмотр солнечных батарей. Давление воздуха в скафандре первоначально равно $P_1 = 160$ атм. За время осмотра давление воздуха в баллоне скафандра упало на 25%. После осмотра космонавт приступил к ремонтным работам и расход воздуха возрос в 2 раза. Через какое время после осмотра батарей космонавт должен закончить ремонтные работы, если давление в баллоне не должно упасть ниже $P_2 = 20$ атм?

РЕШЕНИЕ

Запишем уравнение Менделеева - Клапейрона для воздуха в скафандре в начальный момент, после осмотра батарей и после ремонта.

$$v_1 RT = P_1 V \quad (1)$$

$$v_2 RT = 0,75 P_1 V \quad (2)$$

$$v_3 RT = P_2 V \quad (3)$$

Из (1) и (2) получаем, что при осмотре в единицу времени космонавт расходовал $\frac{v_1 - v_2}{t_1} = \frac{0,25 P_1 V}{RT t_1}$. Из (2) и (3) получаем $v_2 - v_3 = \frac{(0,75 P_1 - P_2) V}{RT}$. Так

как при ремонте расход воздуха вырос в 2 раза, то $\frac{(v_2 - v_3)}{t_2} = \frac{(v_1 - v_2) 2}{t_1}$.

Следовательно $t_2 = \frac{(0,75 P_1 - P_2) t_1}{2 \cdot 0,25 P_1} = \frac{(120 - 20) 10}{0,5 \cdot 160} = 12,5$ мин

Ответ: 12,5 мин

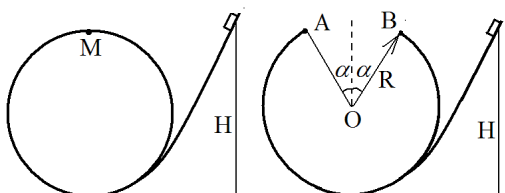
3. Два мальчика, массы которых $m_1 = 45$ кг, $m_2 = 55$ кг, стоят на коньках на льду. Один мальчик отталкивается от второго, действуя на него горизонтальной силой $F = 50$ Н в течение $\Delta t = 1$ с. Через какое время после толчка расстояние между мальчиками станет $S = 10$ м? Трением коньков о лед можно пренебречь.

РЕШЕНИЕ

Используя закон изменения импульса, получаем
$$\left. \begin{aligned} F \Delta t &= m_1 V_1 \\ F \Delta t &= m_2 V_2 \end{aligned} \right\} S = (V_1 + V_2) t = t \left(\frac{F \Delta t}{m_1} + \frac{F \Delta t}{m_2} \right).$$

Тогда искомое время $t = \frac{m_1 m_2}{F \Delta t (m_1 + m_2)} 4,95 \text{ с} \approx 5 \text{ с}$

Ответ: 4,95 с



4. Небольшую шайбочку пускают по наклонной плоскости, переходящей в мертвую петлю радиуса $R = 20$ см с минимальной высоты, при которой она не отрывается от поверхности в точке М. Затем пускают шайбочку с этой высоты, а в петле делают

симметричный вырез такой, что она попадает из точки А в точку В, проделав часть пути по воздуху. Определить угол α , при котором это возможно.

РЕШЕНИЕ

Из уравнения динамики для шайбочки в верхней точке петли $mg - N = m \frac{V_0^2}{R}$. Так как высота должна быть минимальной, то $N = 0$ и скорость $V_0^2 = Rg$.

Из закона сохранения энергии $mgH = mg2R + \frac{mV_0^2}{2}$, отсюда высота $H = 2,5R$.

Во втором случае пускают с той же высоты, закон сохранения энергии $mgH = mgh + \frac{mV^2}{2}$.

Высота $h = (R + R \cos \alpha)$, расстояние между точками А и В равно $S = \frac{V^2 2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = 2R \sin \alpha$,

следовательно $V^2 = \frac{Rg}{\cos \alpha}$. Подставляем эти величины в закон сохранения энергии

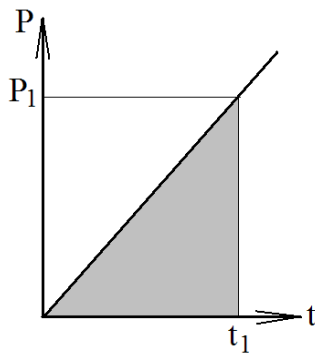
$$mg2,5R = mgR(1 + \cos \alpha) + \frac{mRg}{2 \cos \alpha} \Rightarrow 2,5 = 1 + \cos \alpha + \frac{1}{2 \cos \alpha} \Rightarrow 2 \cos^2 \alpha - 3 \cos \alpha + 1 = 0$$

Решая последнее уравнение получаем $\cos \alpha = \frac{1}{2}$, $\alpha = 60^\circ$.

Ответ: $\alpha = 60^\circ$

5. Напряжение на резисторе меняется со временем по закону $U = \sqrt{At}$, где $A = 4B^2 \cdot c$. Найти количество теплоты, выделившееся на резисторе сопротивлением $R = 80 \text{ Ом}$ за одну минуту.

РЕШЕНИЕ



Мощность равна $P = \frac{U^2}{R} = \frac{At}{R}$. Так как мощность линейно зависит

от времени, то количество теплоты можно найти графически (как заштрихованную на графике площадь). $P_1 = \frac{At_1}{R} = \frac{4 \cdot 60}{80} = 3 \text{ Вт}$,

$$Q = \frac{1}{2} P_1 t_1 = \frac{3 \cdot 60}{2} = 90 \text{ Дж}.$$

$$2 \text{ способ: } Q = \int \frac{U^2}{R} dt = \int \frac{At dt}{R} = \frac{At^2}{2R} = 90 \text{ Дж}$$

Ответ: 90 Дж

11 класс

1. Два маленьких шарика брошены горизонтально в противоположных направлениях со скоростями $V_{01} = 2 \text{ м/с}$ и $V_{02} = 9 \text{ м/с}$. Через некоторое время t их скорости стали перпендикулярными друг другу.

1) найти это время t ;

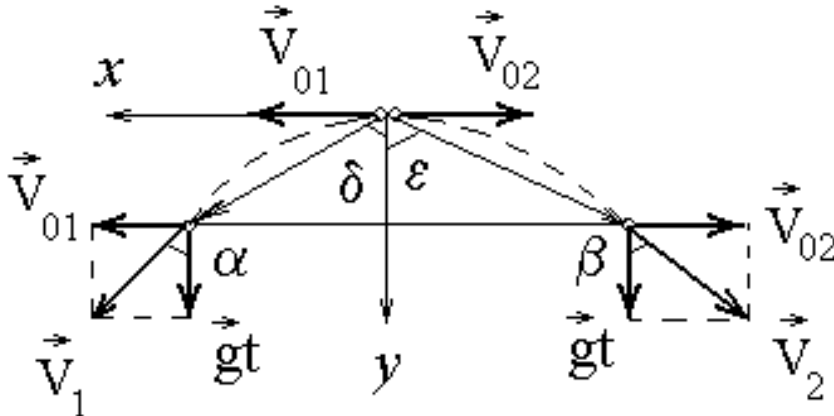
2) найти угол между перемещениями этих шариков в этот момент времени. Ускорение свободного падения принять за $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Примечание: используйте тригонометрическую формулу $\boxed{\operatorname{tg}(\alpha + \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}{1 - \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}}$.

Некоторые значения тангенсов:

$\operatorname{tg} 30^\circ = 0,577$; $\operatorname{tg} 35^\circ = 0,700$; $\operatorname{tg} 40^\circ = 0,839$; $\operatorname{tg} 45^\circ = 1$; $\operatorname{tg} 50^\circ = 1,19$; $\operatorname{tg} 55^\circ = 1,43$; $\operatorname{tg} 60^\circ = 1,73$;

РЕШЕНИЕ



Способ - координатный

$$V_{1x} = V_{01}; \quad V_{1y} = gt$$

$$V_{2x} = -V_{02}; \quad V_{2y} = gt$$

Из условия известно, что $\alpha + \beta = 90^\circ$, значит $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{ctg} \beta$

$$\text{Из рисунка } \operatorname{tg} \alpha = \frac{V_{01}}{gt} = \operatorname{ctg} \beta = \frac{gt}{V_{02}} \Rightarrow g^2 t^2 = V_{01} V_{02} \Rightarrow t = \frac{\sqrt{V_{01} V_{02}}}{g} = \frac{\sqrt{2 \cdot 9}}{10} = 0,424 \text{ с}$$

$$x_1 = V_{01} t; \quad y_1 = \frac{gt^2}{2}$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{x_1}{y_1} = \frac{2V_{01}}{gt} = 2 \sqrt{\frac{V_{01}}{V_{02}}}$$

$$x_2 = -V_{02} t; \quad y_2 = \frac{gt^2}{2}$$

$$\operatorname{tg} \epsilon = \frac{|x_2|}{y_2} = \frac{2V_{02}}{gt} = 2 \sqrt{\frac{V_{02}}{V_{01}}}$$

$$\operatorname{tg}(\delta + \epsilon) = \frac{\operatorname{tg} \delta + \operatorname{tg} \epsilon}{1 - \operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{tg} \epsilon} = \frac{2 \left(\sqrt{\frac{V_{01}}{V_{02}}} + \sqrt{\frac{V_{02}}{V_{01}}} \right)}{1 - 4} = -\frac{2(V_{01} + V_{02})}{3 \sqrt{V_{01} V_{02}}} = -\frac{2(2+9)}{3 \sqrt{2 \cdot 9}} = -1,73$$

Отсюда $(\delta + \epsilon) = 180^\circ - 60^\circ = 120^\circ$

Ответ: время 0,424 с, угол 120°

2. В замкнутой электрической цепи к источнику с некоторой ЭДС E и некоторым внутренним сопротивлением r подключены последовательно два резистора с сопротивлениями $R_1 = 100 \text{ кОм}$ и $R_2 = 200 \text{ кОм}$ и конденсатор емкостью $C = 2 \text{ мкФ}$. Когда вольтметр подключают так, как на рисунке 1, то он показывает напряжение $U_1 = 5 \text{ В}$. Когда его подключают так, как на рисунке 2, то он показывает $U_2 = 6 \text{ В}$. Что покажет вольтметр, если его подключить так, как на рисунке 3?

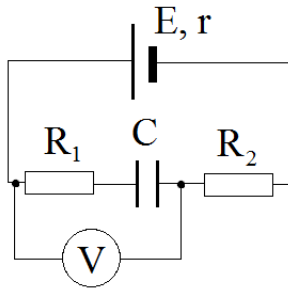


Рис.1

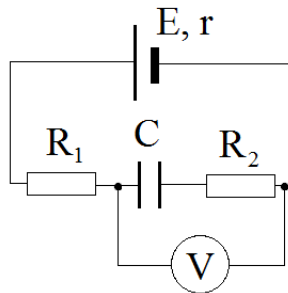


Рис.2

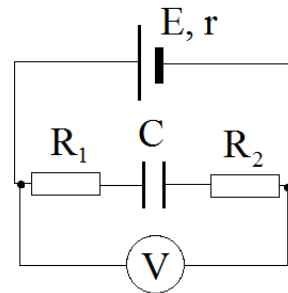


Рис.3

РЕШЕНИЕ

Если бы вольтметр был идеальный, то его сопротивление было бы бесконечным и ток в цепи с источником и конденсатором не возникал бы, а показания вольтметра совпадали бы с напряжением на конденсаторе, которое было бы равно ЭДС во всех трех случаях. Но так как в двух случаях напряжение разное, это означает, что вольтметр обладает некоторым конечным сопротивлением R_V .

На рис.1 ток будет протекать через вольтметр, резистор R_2 и источник. Сила тока $I_1 = \frac{E}{R_V + r + R_2}$

Напряжение $U_1 = I_1 R_V = \frac{E R_V}{R_V + r + R_2}$

На рис.2 ток будет протекать через вольтметр, резистор R_1 и источник. Сила тока $I_2 = \frac{E}{R_V + r + R_1}$

Напряжение $U_2 = I_2 R_V = \frac{E R_V}{R_V + r + R_1}$.

На рис.3 ток будет протекать через вольтметр и источник. Сила тока $I_3 = \frac{E}{R_V + r}$

Напряжение $U_3 = I_3 R_V = \frac{E R_V}{R_V + r}$.

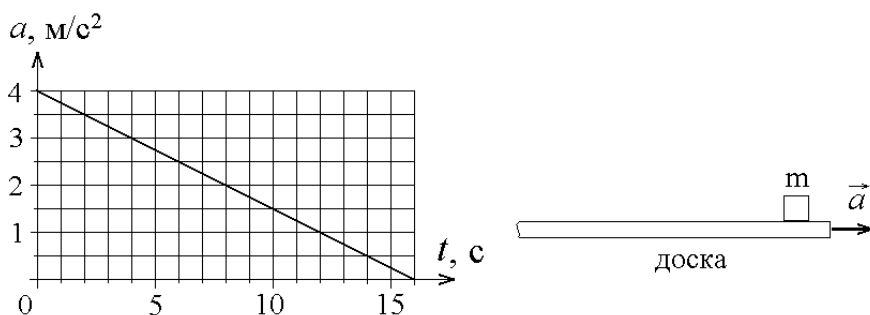
Обозначим $R_V + r = x$. Тогда $\frac{U_2}{U_1} = \frac{x + R_2}{x + R_1} \Rightarrow x = \frac{U_1 R_2 - U_2 R_1}{U_2 - U_1} = \frac{5 \cdot 200 - 6 \cdot 100}{6 - 5} = 400 \text{ кОм}$.

Далее $\frac{U_3}{U_1} = \frac{x + R_2}{x} = \frac{400 + 200}{400} = 1,5 \Rightarrow U_3 = 1,5 U_1 = 7,5 \text{ В}$

3. На горизонтальном полу лежит доска и на ней покоится шайба массы $m = 200 \text{ г}$. В некоторый момент $t_0 = 0$ доске придали горизонтальное ускорение, модуль которого изменялся по линейному закону, как показано на рисунке. Коэффициент трения между шайбой и доской $\mu = 0,3$.

1) Найти скорость шайбы относительно пола в тот момент, когда она перестанет проскальзывать по доске.

2) Найти скорость шайбы относительно пола через 16 секунд после начала движения.



РЕШЕНИЕ

Максимальное ускорение шайбе может дать только максимальная сила трения, равная силе трения скольжения

$$F_{\text{тр.ск.}} = \mu N = \mu mg$$

$$\mu mg = ma \Rightarrow a = \mu g = 3 \text{ м/с}^2.$$

Так как доска имеет большее ускорение в начальный момент времени, то вплоть до момента $t = 4 \text{ с}$ шайба будет двигаться с постоянным ускорением 3 м/с^2 , при этом скользя по доске, а затем перестанет проскальзывать. Дальнейшее движение будет с переменным ускорением, совпадающим с ускорением доски.

Разобьем задачу на два интервала. От 0 до 4 секунд и от 4 с до 16 с.

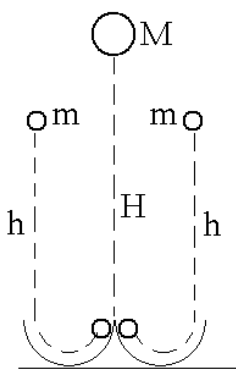
На первом интервале скорость шайбы находится из уравнения равноускоренного движения

$$V_1 = V_{01} + at = 0 + 3 \cdot 4 = 12 \text{ м/с}$$

На втором интервале скорость увеличивается на ΔV , и это изменение скорости можно найти как площадь треугольника под графиком ускорения от времени в интервале от 4 с до 16 с:

$$\Delta V = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 12 = 18 \text{ м/с. Таким образом конечная скорость шайбы будет равна } 12 + 18 = 30 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) 12 м/с; 2) 30 м/с



4. Маленький шарик ртути радиуса $R = 1 \text{ мм}$ уронили без начальной скорости с высоты $H = 50 \text{ мм}$ над лотком для восьми яиц. Шарик ударился о сердцевину лотка и распался на 8 одинаковых шариков, которые прокатились по внутренним поверхностям, как показано на рисунке, и снова поднялись вертикально вверх, но уже до некоторой высоты h . Если при ударе и скольжении шариков тепловыми потерями пренебречь, то на какую высоту h поднялись шарики? Ответ дать в миллиметрах с точностью до десятых.

Плотность ртути 13600 кг/м^3 .

Коэффициент поверхностного натяжения ртути $\sigma = 472 \text{ мН/м}$.

Ускорение свободного падения принять равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Примечание: поверхностный слой жидкости обладает дополнительной энергией $U_{\text{пов}} = \sigma S$, где S – площадь поверхностного слоя.

РЕШЕНИЕ

Напишем закон сохранения энергии, учитывая потенциальную энергию и энергию поверхностного слоя шариков:

$$mgH + \sigma S_1 = mgh + \sigma S_2$$

Масса шарика вычисляется через плотность и объем шара: $m = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$

Площадь поверхности шара $S_1 = 4\pi R^2$

После деления на 8 шариков общая масса не изменится, но общая площадь поверхностей всех шариков увеличится в 2 раза, что следует из сохранения объема:

$$\frac{4}{3} \pi R^3 = 8 \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 \Rightarrow r = \frac{R}{2} \Rightarrow S_2 = 8 \cdot 4\pi \left(\frac{R}{2}\right)^2 = 2 \cdot 4\pi R^2 = 2S_1$$

Подставим преобразованные величины в закон сохранения энергии:

$$\rho \frac{4}{3} \pi R^3 gH + \sigma \cdot 4\pi R^2 = \sigma \cdot 2 \cdot 4\pi R^2 + \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 gh$$

Сократим все слагаемые на $4\pi R^2$ и получим упрощенное уравнение:

$$\frac{\rho RgH}{3} + \sigma = \sigma \cdot 2 + \frac{\rho Rgh}{3}$$

$$\text{Отсюда выразим } h = H - \frac{3\sigma}{\rho Rg} = 0,05 - \frac{0,472}{13600 \cdot 10^{-3} \cdot 10} = 0,05 - 0,0035 = 0,0465 \text{ м или } 46,5 \text{ мм}$$

Ответ: 46,5 мм

5. Фотоэлектроны, вырываемые с поверхности металла, полностью задерживаются при приложении обратного напряжения $U_0 = 3 \text{ В}$. Фотоэффект для этого металла начинается при частоте падающего монохроматического света $\nu_0 = 6 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$. Определить: 1) работу выхода электронов из этого металла; 2) частоту применяемого облучения.

РЕШЕНИЕ

При фотоэффекте энергия кванта света расходуется на работу выхода электрона из металла и на сообщение кинетической энергии электрону

$$h\nu = A + T$$

$$\text{Для красной границы фотоэффекта } A = h\nu_0 \\ A = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 6 \cdot 10^{14} = 39,78 \cdot 10^{-20} \text{ Дж} = 2,49 \text{ эВ}$$

Частоту найдем

$$\nu = \frac{h\nu_0 + T}{h}$$

Электрическое поле совершает работу по торможению электрона $A_{эл} = eU_0 = T$

$$\text{Окончательно получим } \nu = \frac{h\nu_0 + eU_0}{h} = \nu_0 + \frac{eU_0}{h} = 1,32 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$$

Ответ: $1,32 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$