

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Тульский государственный университет»

Материалы заданий
олимпиады школьников
«Наследники Левши» по физике
за 2020/21 и 2021/22 учебные годы

Тула 2022

МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ
отборочного этапа
олимпиады школьников «Наследники Левши» по физике
2020/21 учебного года

7 класс

1. Поезд идёт со скоростью $V_1 = 60 \text{ км/час}$. Мотоциклист едет по параллельной железнодорожным путям дороге навстречу поезду и, поравнявшись с локомотивом, засекает время a , поравнявшись с “хвостом” поезда, разворачивается обратно и догоняет локомотив. На весь путь у мотоциклиста уходит время $T = 36 \text{ с}$. За какое время мотоциклист проедет от “головой до хвоста” поезда и обратно, если поезд остановится? Скорость мотоциклиста $V_2 = 100 \text{ км/час}$.

Ответ: 23 с

2. Два автомобиля движутся по прямому шоссе и одновременно проезжают мимо автозаправки. Скорость первого автомобиля $V_1 = 15 \text{ м/с}$, второго $V_2 = 20 \text{ м/с}$. Каким станет расстояние между ними через 0,5 часа?

Ответ: 63 км, 9 км

3. В таблице приведены координаты двух тел, движущихся вдоль одной прямой, в различные моменты времени. Чему было равно расстояние между телами в начальный момент?

$t, \text{ с}$	1	3
$X_1, \text{ м}$	7	11
$X_2, \text{ м}$	7	1

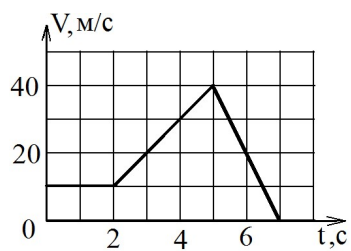
Ответ: 5 м

4. Ученик налил в сосуд 200 мл воды и бросил в него несколько кусочков сахара. Тщательно растворив сахар, ученик измерил плотность полученного раствора, она оказалась равной $\rho = 1160 \text{ кг/м}^3$. Сколько было кусочков сахара?

Размер рёбер кусочка сахара $a = 15 \text{ мм}$, $b = 16 \text{ мм}$, $c = 20 \text{ мм}$. Плотность воды $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$, сахара $\rho_2 = 1600 \text{ кг/м}^3$.

Ответ: 15 штук

5. Тело движется по оси X, зависимость его скорости от времени представлена



на графике:

Определите среднюю скорость тела в интервале от 0 до 7 с.

Ответ: 19,3 м/с

8 класс

1. Катающихся на лодке подростков попросили доставить груз из пункта **А**, находящегося на берегу реки, в пункт **В** на том же берегу. Они отвезли груз и, не задерживаясь, вернулись обратно. За это же время плот проплыл половину расстояния от **А** до **В**. Чему равна скорость течения реки, если средняя скорость лодки оказалась равной 20 км/час?

Ответ: 5 км/час

2. Сплошное однородное тело, погруженное в жидкость с плотностью ρ_1 , весит P_1 , а в жидкость с плотностью ρ_2 – весит P_2 . Найти плотность материала тела. Задачу решить в общем виде.

Ответ: $\rho = \frac{P_1\rho_2 - P_2\rho_1}{P_1 - P_2}$

3. В калориметр, содержащий 1 литр воды при температуре $t_1 = 20^\circ \text{C}$, вливают $m_2 = 1,6 \text{ кг}$ расплавленного цинка при температуре плавления $t_2 = 420^\circ \text{C}$. Определить, на сколько градусов изменится температура воды.

Удельная теплоёмкость воды $c_1 = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{K}$, цинка $c_2 = 400 \text{ Дж/кг} \cdot \text{K}$, удельная теплота плавления цинка $\lambda_2 = 120 \text{ кДж/кг}$, удельная теплота парообразования воды $L = 22,6 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$, удельная теплота плавления льда $\lambda_1 = 330 \text{ кДж/кг}$. Теплоёмкостью калориметра пренебречь.

Ответ: на 80 градусов

4. Из пункта **А** в пункт **В** вышли 2 автомобиля с одинаковыми скоростями с интервалом $T = 10 \text{ мин}$. Мотоциклист, ехавший в пункт **А** повстречал эти автомобили через $t = 4 \text{ мин}$ один после другого. Чему равна скорость автомобилей, если мотоциклист ехал со скоростью $V_2 = 120 \text{ км/ч}$.

Ответ: $V_1 = \frac{V_2 t}{T - t} = 80 \text{ км/ч}$

5. С высоты $H = 20 \text{ м}$ без начальной скорости падает маленький стальной шарик массы 100 г и после удара о горизонтальную стальную плиту поднимается до высоты h . При ударе 20% кинетической энергии переходит в тепло? На какую высоту h поднимается шарик после удара?

Ответ: 16 м

9 класс

1. Камень брошен с поверхности земли со скоростью V_0 под углом к горизонту $\alpha = 37^\circ$. Минимальная скорость камня во время полёта $V = 16 \text{ м/с}$. Камень попадает в находящуюся на расстоянии S от точки броска стену на высоте $h = 4 \text{ м}$. Найти расстояние S .

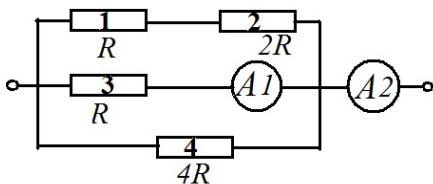
Ответ: 32 м

2. Из одной точки, находящейся на высоте $H = 300 \text{ м}$ над поверхностью земли, в горизонтальном направлении выпускают две сигнальные ракеты со скоростями $U_1 = 60 \text{ м/с}$, $U_2 = 80 \text{ м/с}$. Угол между направлением начальных скоростей был равен $\alpha = 90^\circ$.

а) Найти расстояние между ракетами в момент их вспышки, если время горения запала $t = 5 \text{ с}$.

б) На какой высоте над поверхностью земли будет находиться каждая из ракет в момент вспышки?

Ответ: S = 500 м, h = 175 м



3. В приведённой на рисунке схеме второй амперметр показывает силу тока $I = 1,9 \text{ А}$. Сопротивления резисторов приведены на схеме, где $R = 14,5 \text{ Ом}$. Определить: 1) показания первого амперметра;

2) общее сопротивление цепи;

3) количество теплоты, выделившейся на четвёртом резисторе за $t = 20 \text{ мин}$.

Ответ: 1,2 А; 9,16 Ом; 6264 Дж

4. В стакане содержится 250 г воды. Погружённый в стакан термометр показал температуру $t_2 = 78^\circ \text{ C}$. Какой была температура воды до погружения в неё термометра? Теплоёмкость термометра $C = 20 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ и до погружения в воду он показывал температуру $t_1 = 20^\circ \text{ C}$. Удельная теплоёмкость воды $c_1 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$. Теплоёмкостью сосуда пренебречь.

Ответ: $t = t_2 + \frac{C}{mc}(t_2 - t_1) = 79,1^\circ \text{ C}$

5. Некоторая планета массы $M = 6 \cdot 10^{23} \text{ кг}$ имеет радиус $R = 4000 \text{ км}$. Какова должна быть продолжительность суток на этой планете, чтобы тела на экваторе испытывали невесомость? Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$.

Ответ: 7940 с = 132 м = 2,2 часа

10 класс

1. Из одной точки, находящейся на высоте $H = 300\text{ м}$ над поверхностью земли, в горизонтальном направлении выпускают две сигнальные ракеты со скоростями $U_1 = 100\text{ м/с}$, $U_2 = 80\text{ м/с}$. Угол между направлением начальных скоростей был равен $\alpha = 60^\circ$. Ускорение свободного падения $g = 10\text{ м/с}^2$.

а) Найдите расстояние между ракетами в момент их вспышки, если время горения запала $t = 5\text{ с}$.

б) На какой высоте над поверхностью земли будет находиться каждая из ракет в момент вспышки?

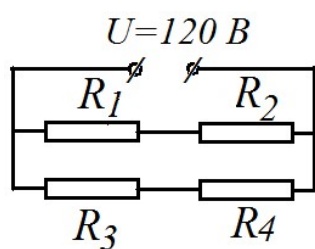
Ответ: S = 458 м, h = 175 м

2. Стальной шарик падает с высоты $H = 20\text{ м}$ и отскакивает от стальной плиты, лежащей на поверхности земли. Через $t = 2\text{ с}$ после первого из той же точки падает второй шарик. На какой высоте над поверхностью шарик столкнутся? Удар считать абсолютно упругим, ускорение свободного падения $g = 10\text{ м/с}^2$.

Ответ: 15 м

3. Небольшой диск массой 100 г , летящий под углом $\alpha = 53^\circ$ к горизонту, ударяется о поверхность льда и отскакивает под углом $\beta = 37^\circ$ к горизонту, потеряв при ударе 75% своей кинетической энергии. Ускорение свободного падения $g = 10\text{ м/с}^2$. Скорость диска перед ударом $V_1 = 5\text{ м/с}$, продолжительность удара $t = 0,2\text{ с}$. Определить силу удара.

Ответ: 3,75 Н



4. На приведённой схеме сопротивления резисторов $R_1 = 20\text{ Ом}$, $R_3 = 10\text{ Ом}$. Напряжения на втором и четвёртом резисторах, изготовленных из стальной проволоки диаметра d , равны $U_2 = 20\text{ В}$, $U_4 = 40\text{ В}$. На изготовление второго и четвёртого резисторов ушло $L = 9,42\text{ м}$ стальной проволоки. Определить диаметр проволоки, если её удельное сопротивление $\rho = 0,12 \cdot 10^{-6}\text{ Ом} \cdot \text{м}$.

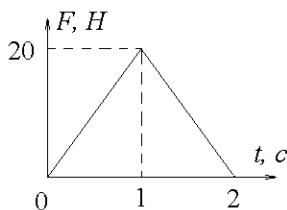
Ответ: 0,4 мм

5. На дне сосуда с жидкостью находится источник, дающий узкий луч света. Направление луча можно менять. Показатель преломления жидкости $n = 1,25$,

глубина слоя жидкости $H=1,8$ м. Определите минимальное и максимальное время, за которое луч света проходит слой жидкости. Скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

Ответ: $0,75 \cdot 10^{-8}$ с; $1,25 \cdot 10^{-8}$ с

11 класс



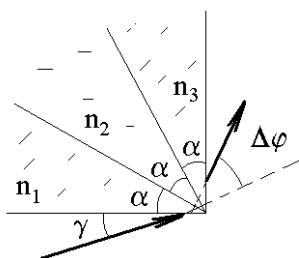
1. По горизонтальному гладкому льду скользит шайба массы $m = 20$ г со скоростью v_0 перпендикулярной вертикальной плоской стене, и отскакивает от нее по той же траектории. Сила давления стены на шайбу изменяется со временем так, как показано на графике. Найти величину скорости налетающей шайбы v_0 .

летающей шайбы v_0 .

Ответ: 500 м/с

2. На горизонтальную шероховатую поверхность падает маленький упругий мячик под углом α к горизонту и практически мгновенно отскакивает от нее под углом β . Найти $\operatorname{tg}\beta$, если $\operatorname{tg}\alpha = 4$, а коэффициент трения скольжения о поверхность $\mu = 0,1$. Во время удара силой тяжести пренебречь.

Ответ: 20



3. Три клина с одинаковым углом $\alpha = 30^\circ$ из стекла разного сорта склеены своими плоскими поверхностями так, что угол поперечного сечения получившейся детали равен 90° . Их показатели преломления равны $n_1 = 1,3$, $n_2 = 1,4$, $n_3 = 1,5$. В плоскости поперечного сечения под углом $\gamma = 10^\circ$ к нижней поверхности падает луч и выходит из боковой поверхности, отклонившись от первоначального направления на $\Delta\varphi$. Найти $\Delta\varphi$, если толщиной клея можно пренебречь.

сти, отклонившись от первоначального направления на $\Delta\varphi$. Найти $\Delta\varphi$, если толщиной клея можно пренебречь.

Ответ: $72,3^\circ$

4. Тонкая пластмассовая мишень массой $M = 100$ г летит горизонтально. В некоторый момент в нее снизу попадает пуля массой $m = 18$ г, летящая вверх со скоростью $v_1 = 30$ м/с, и пробивает ее насквозь, после чего пуля взлетает на высоту $h = 1,25$ м. На какую высоту H подпрыгнет тарелочка? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: 4,50 см

5. В гладкостенном цилиндрическом сосуде под поршнем находится 2 л водяного пара при 100°C и нормальном атмосферном давлении. Поршень опускают, и объем пара изобарно уменьшается вдвое. Какое количество теплоты отдаёт

этот пар, если при этом его температура не изменяется? Удельная теплота парообразования $\lambda = 2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг, молярная масса воды $\mu = 0,018$ кг/моль.

Ответ: 1,44 кДж

МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ
заключительного этапа
олимпиады школьников «Наследники Левши» по физике
2020/21 учебного года

7 класс

1. Из города **А** в город **В** поезд отходит в **7.30** и идёт со средней скоростью $V_1 = 60 \text{ км/час}$. Из города **В** в город **А** поезд отходит в **7.45** и идёт со скоростью $V_2 = 80 \text{ км/час}$. Расстояние между городами $S = 160 \text{ км}$. Во сколько произойдёт встреча этих поездов и на каком расстоянии от города **А**?

Решение

Время движения первого поезда до встречи найдём из условия $S = V_1 t + V_2 (t - 0,25)$.

Подставляя числовые данные, получаем $t = 1,29 \text{ часа} = 1 \text{ час } 17 \text{ мин}$. Следовательно, встреча произойдёт в **8 час 47 мин**.

Поезд, вышедший из пункта **А** пройдёт расстояние $L = V_1 t = 77,4 \text{ км}$

Ответ: 8 часов 47 минут; 77,4 км.

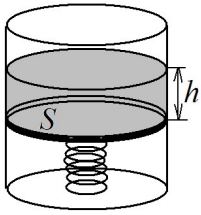
2. Для кошек породы донской сфинкс характерна повышенная по сравнению с кошками других пород температура тела. В норме их температура $40 - 42^\circ \text{C}$. Если бы вы хотели рассказать о такой кошке другу, живущему в Америке, то надо перевести температуру из шкалы Цельсия в шкалу Фаренгейта, чтобы он вас понял. Для определённости возьмём температуру кошки равной 41°C . Переведите эту температуру в шкалу Фаренгейта.

Температура таяния льда на шкале Фаренгейта равна $+32^\circ \text{F}$ (0°C на шкале Цельсия), а температура кипения воды на шкале Фаренгейта $+212^\circ \text{F}$ (100°C на шкале Цельсия).

Решение

Интервалу 100°C (по шкале Цельсия) соответствует $212 - 32 = 180^\circ \text{F}$ (по шкале Фаренгейта). Следовательно, $1^\circ \text{C} = \frac{180}{100} = \frac{9}{5} \text{F}$. Помним, что 0°C на шкале Цельсия соответствует $+32^\circ \text{F}$. Тогда искомая температура $t_F = \frac{9}{5} t_C + 32 = 105,8$

Ответ: 105,8



3. В сосуде находится лёгкий поршень, связанный с дном сосуда пружиной. Поршень может скользить в сосуде без трения. Если в сосуд налить 1 литр воды, то пружина сожмётся до длины $L_1 = 10 \text{ см}$. Если налить столб керосина такой же высоты, то длина пружины станет равной $L_2 = 13 \text{ см}$. Определить жёсткость пружины. Плотность воды $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$, плотность керосина $\rho_2 = 700 \text{ кг/м}^3$.

Плотность пружины. Плотность воды $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$, плотность керосина $\rho_2 = 700 \text{ кг/м}^3$.

Решение

На поршень действуют сила давления жидкости (направлена вниз) и сила упругости пружины (направлена вверх). Запишем равенство этих сил для двух жидкостей

$$\rho_1 g h S = k(L_0 - L_1),$$

$$\rho_2 g h S = k(L_0 - L_2).$$

После вычитания получаем $k = \frac{(\rho_1 - \rho_2) g V}{L_2 - L_1} = 100 \text{ Н/м}$.

Ответ: 100 Н/м

4. В сосуд поместили 16 золотников первого вещества плотности $\rho_1 = 1,5 \text{ г/см}^3$, 0,25 фунта второго вещества плотности $\rho_2 = 2,6 \text{ г/см}^3$ и добавили $m = 80 \text{ г}$ воды плотности $\rho_3 = 1,0 \text{ г/см}^3$. Определить плотность получившегося раствора.

Справочные материалы: 1 фунт = 96 золотников = 409,5 г

Решение

Масса первого вещества: $16 \text{ золотников} = \frac{1}{6} \text{ фунта} = 68,25 \text{ г} = m_1$.

Его объём $\frac{V_1}{\rho_1} = 5,5 \text{ см}^3$.

Масса второго вещества: $m_2 = \frac{1}{4} \text{ фунта} = 102,375 \text{ г}$. $V_2 = 39,375 \text{ см}^3$.

Масса третьего (воды) вещества: $m_3 = 80 \text{ г}$. $V_3 = 80 \text{ см}^3$.

Плотность смеси $\frac{m_1 + m_2 + m_3}{V_1 + V_2 + V_3} = \frac{250,625}{164,875} = 1,52 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

Ответ: 1,52 г/см³

5. В сосуд положили 30 кусочков сахара и 50 кубиков льда. Сосуд оставили в тёплом помещении ($t = 20^\circ \text{C}$), а на другой день замеры плотности полученного раствора. Чему она оказалась равна?

Размер рёбер кусочка сахара равен $a = 15 \text{ мм}$, $b = 16 \text{ мм}$, $c = 20 \text{ мм}$, ребро кубика льда $d = 20 \text{ мм}$. Плотность воды $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$, сахара $\rho_2 = 1600 \text{ кг/м}^3$, льда $\rho_3 = 900 \text{ кг/м}^3$. Ответ дать в г/см^3 с точностью до сотых.

Решение

Объём сахара $V_c = 30abc = 144 \text{ см}^3$, масса сахара $m_c = \rho_2 V_c = 230 \text{ г}$.

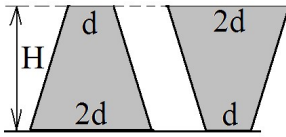
Масса льда $m_л = 50a^3 \rho_3 = 360 \text{ г}$.

Объём воды, полученной после таяния льда $V_в = \frac{m_л}{\rho_в} = 36 \text{ см}^3$, масса воды 360 г.

Плотность получившегося раствора $\rho = \frac{m_в + m_c}{V_c + V_в} = \frac{230 + 360}{144 + 360} = 1,17 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

Ответ: 1,17 г/см³

8 класс



1. Два сосуда одинакового объёма заполнены водой до высоты $H = 0,8\text{ м}$. Определить, на сколько H различаются силы давления воды на дно первого и второго сосудов, если $d = 20\text{ см}$. Ускорение свободного падения $g = 10\text{ м/с}^2$, а плотность воды $\rho_1 = 1000\text{ кг/м}^3$. Что

надо сделать, чтобы давления на дно сосудов стали одинаковыми?

Решение

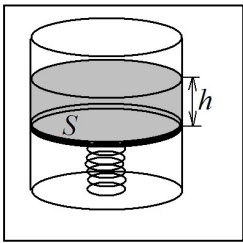
Сила давления воды на дно сосуда $F = PS$.

Тогда для первого сосуда $F_1 = \rho g H \pi d^2$

Для второго $F_2 = \rho g H \pi d^2 \frac{1}{4}$.

Разность сил $\Delta F = \frac{1}{3} \rho g H \pi d^2 = 754\text{ Н}$.

Ответ: 754 Н



2. В сосуде находится лёгкий поршень, связанный с дном сосуда пружиной. Поршень может скользить в сосуде без трения. Если в сосуд налить воду до высоты h , то пружина сожмётся до длины $L_1 = 10\text{ см}$. Если до той же высоты налить керосин, то длина пружины станет равной $L_2 = 13\text{ см}$. Определить длину

пружины в недеформированном состоянии. Плотность воды $\rho_1 = 1000\text{ кг/м}^3$, плотность керосина $\rho_2 = 700\text{ кг/м}^3$.

Решение

На поршень действуют сила давления жидкости (направлена вниз) и сила упругости пружины (направлена вверх). Запишем равенство этих сил для двух жидкостей.

$$\rho_1 g h S = k(L_0 - L_1),$$

$$\rho_2 g h S = k(L_0 - L_2).$$

После деления получаем $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{L_0 - L_1}{L_0 - L_2} = \frac{10}{7}$. Отсюда получаем $L_0 = 20\text{ см}$.

Ответ: 20 см

3. В калориметре находилось $m_1 = 400\text{ г}$ воды при температуре $t_1 = 5^\circ\text{ C}$. К ней добавили ещё $m_2 = 200\text{ г}$ воды при температуре $t_2 = 10^\circ\text{ C}$ и положили $m_3 = 400\text{ г}$

льда при температуре $t_3 = -60^\circ\text{C}$. Определить конечную температуру содержимого и состав.

Удельная теплоёмкость воды $c_1 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$, удельная теплоёмкость льда $c_2 = 2120 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 330 \text{ кДж} / \text{кг}$. Теплоёмкостью калориметра можно пренебречь.

Решение

При остывании воды до 0°C выделится теплота:

$$Q_1 = c_1(m_1(0 - t_1) + m_2(90 - t_2)) = -16,8 \text{ кДж}$$

Для нагревания льда до 0°C необходимо $Q_2 = c_2 m_3(0 - t_3) = 50,88 \text{ кДж}$.

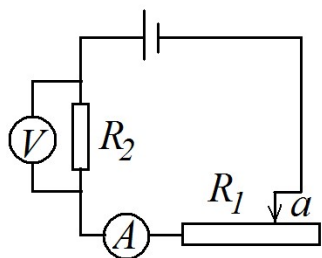
Следовательно, таяния льда происходить не будет, а вода будет кристаллизоваться

$Q_2 - Q_1 = \Delta m \lambda$. В лёд превратится $\Delta m = 0,1 \text{ кг}$ воды.

Следовательно, масса льда $m_{\text{льда}} = 0,4 + 0,1 = 0,5 \text{ кг}$,

масса воды $m_{\text{воды}} = 0,4 + 0,2 - 0,1 = 0,5 \text{ кг}$.

Ответ: 500 г воды, 500 г льда при 0°C



4. На приведённой схеме напряжение на источнике равно $8,6 \text{ В}$, движок реостата находится на расстоянии $a = L/4$ от правого края. Реостат изготовлен из проволоки с удельным сопротивлением $\rho = 0,15 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, навитой на цилиндрический каркас радиуса $r = 2 \text{ см}$. Длина получившейся катушки $L = 40 \text{ см}$, витки прилегают вплотную друг к другу, их количество $N = 400$. Определить показания амперметра и вольтметра.

Решение

Сопротивление проволоки, из которой изготовлен реостат $R_1 = \frac{\rho L_1}{S_1}$.

Длина проволоки $L_1 = 2\pi r N$, площадь поперечного сечения проволоки $S_1 = \frac{\pi d^2}{4}$,

где

$d = \frac{L}{N} = 1 \text{ мм}$ - диаметр проволоки. После подстановки $R_1 = \frac{8\rho N r}{d^2} = 9,6 \text{ Ом}$.

По условию задачи задействовано $\frac{3}{4} R_1 = 7,2 \text{ Ом}$.

Тогда сила тока $I = \frac{8,6}{R_2 + 7,2}$, напряжение $U = I \cdot R_2$

Ответ: $I = \frac{8,6}{R_2 + 7,2}$

5. У Рэя Брэдбери есть фантастический роман «451 градус по Фаренгейту». Сколько это будет в градусах Цельсия?

Температура таяния льда на шкале Фаренгейта равна $+32^{\circ}F$ ($0^{\circ}C$ на шкале Цельсия), а температура кипения воды $+212^{\circ}F$ ($100^{\circ}C$ на шкале Цельсия) (при нормальном атмосферном давлении).

Решение

Интервалу $100^{\circ}C$ (по шкале Цельсия) соответствует $212-32=180^{\circ}F$ (по шкале Фаренгейта). Следовательно, $1^{\circ}C = \frac{180}{100} = \frac{9}{5}F$, а $1^{\circ}F = \frac{5}{9}C$. Тогда

$$t_c = \frac{5}{9}(t_F - 32) = 233^{\circ}F.$$

Ответ: 233°

9 класс

1. На тело, покоящееся в начале координат, начинает действовать постоянная сила F . Спустя $t_1 = 20\text{ с}$ направление силы мгновенно меняется на противоположное. Через некоторое время после этого тело возвращается в начало координат. Найти отношение скорости тела в момент прохождения начала координат к скорости, которой обладало тело в момент $t_1 = 20\text{ с}$.

Решение

Действующая на тело сила сообщает ему ускорение a . Пусть направление силы и направление оси X совпадают. Координата тела через 20 с будет $x_1 = \frac{at_1^2}{2}$, а скорость $V_1 = at_1$.

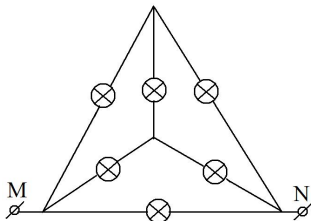
Когда направление силы сменится на противоположное, то направление ускорения тоже изменится на противоположное и тогда $V_2 = V_1 - at_2 = at_1 - at_2$.

Координата $0 = x_1 + V_1 t_2 - \frac{at_2^2}{2}$.

После подстановки получаем квадратное уравнение $t_2^2 - 2t_1 t_2 - t_1^2 = 0$.

Решение даёт $t_2 = 40,3\text{ с}$. Отношение скоростей $\frac{V_2}{V_1} = \frac{a(t_2 - t_1)}{at_1} = 1,415$.

Ответ: 1,415 раз



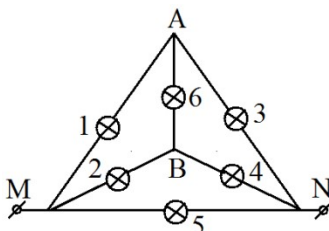
2. Шесть одинаковых лампочек соединены, как указано на схеме. Определить сопротивление между точками M и N , если сопротивление каждой лампочки $r = 10\text{ Ом}$. Сопротивлением соединительных проводов можно пренебречь.

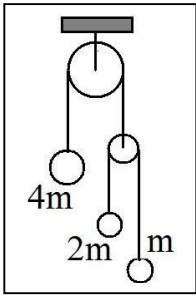
Решение

Потенциал точки A равен потенциалу точки B , то есть через лампочку 6 ток не течёт. Тогда сопротивление $R_{12} = \frac{r}{2} = R_{34}$. Сопротивление $R_{1-4} = R_{12} + R_{34} = r$.

Общее сопротивление найдём из условия $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{1-4}} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r}$. Отсюда $R = \frac{r}{2} = 5\text{ Ом}$.

Ответ: 5 Ом

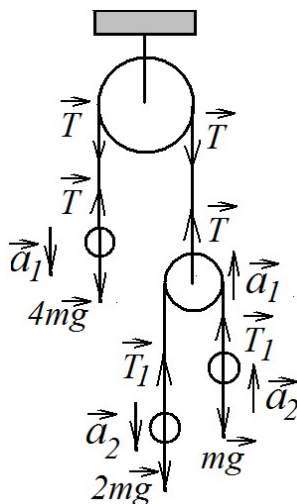




3. Определите ускорение груза массы $4m$ на приведённой схеме. Все нити считать невесомыми и нерастяжимыми, блоки невесомыми. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Решение

На рисунке указаны действующие силы и ускорения. Запишем II закон Ньютона для всех грузов



$$\begin{aligned} 4mg - T &= 4ma_1 \\ 2mg - T_1 &= 2m(-a_1 + a_2) \\ mg - T_1 &= -m(a_1 + a_2) \end{aligned}$$

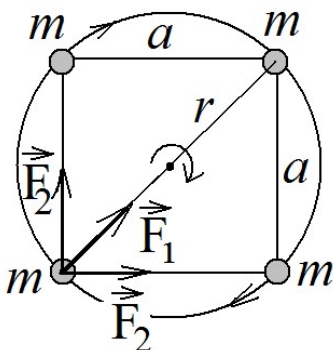
Решая эту систему уравнений с учётом, что $T_1 = \frac{T}{2}$, получаем $a = 2 \text{ м/с}^2$.

Ответ: 2 м/с^2

4. В четырёх вершинах квадрата со стороной $a = 5 \text{ км}$ находятся 4 астероида с одинаковой массой $m = 4 \cdot 10^{15} \text{ кг}$, которые вращаются вокруг общего центра масс. Система находится вдали от других звёздных тел. Определите линейную скорость вращения астероидов.

Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$.

Решение



На каждый астероид действуют три силы со стороны других. Сумма этих сил направлена по диагонали квадрата и равна $F = 2F_2 \cos \alpha + F_1$. (1)

Сила $F_1 = \frac{Gmm}{r^2} = \frac{Gm^2}{2a^2}$, силы $F_2 = \frac{Gm^2}{a^2}$.

Подставляя в (1), получим $2 \frac{Gm^2}{a^2} \cos \alpha + \frac{Gm^2}{2a^2} = \frac{mv^2}{r}$,

Подставляя $r = \frac{a\sqrt{2}}{2}$ и $\cos 45^\circ$, получим

$$2 \frac{Gm^2 \sqrt{2}}{a^2} + \frac{Gm^2}{2a^2} = \frac{mv^2 \sqrt{2}}{a}$$

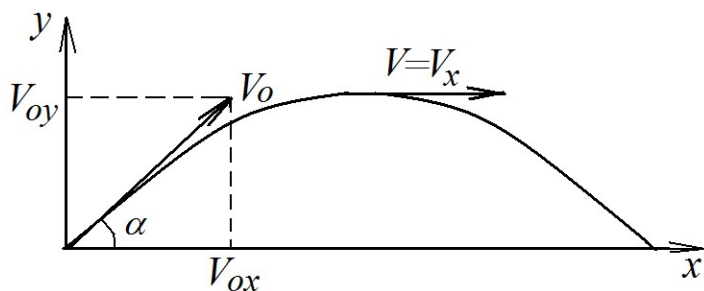
Скорость равна $V = \sqrt{\frac{Gm}{\alpha} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)} = 8,5 \text{ м/с}$.

Ответ: 8,5 м/с

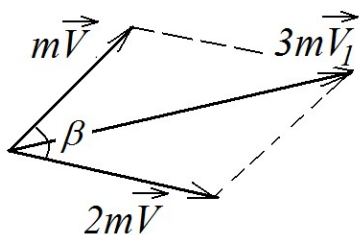
5. Два пластилиновых шара массами m и $2m$ брошены под углом $\alpha = 60^\circ$ с одинаковыми скоростями $V_0 = 12 \text{ м/с}$. Угол между плоскостями, в которых лежит траектория полёта каждого тела $\beta = 53^\circ$. В верхней точке траектории шары сталкиваются и слипаются. С какой скоростью они упадут на землю? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Ответ дать в м/с точностью до десятых

Решение



Скорость каждого тела в верхней точке траектории $V = V_0 \cos \alpha = 6 \text{ м/с}$. Высота подъёма каждого тела $h = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = 5,4 \text{ м}$.



Далее используем закон сохранения импульса. На рисунке показаны направления импульсов (вид сверху).

$$m\vec{V} + 2m\vec{V} = 3m\vec{V}_1$$

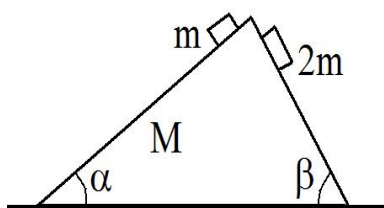
Используя теорему косинусов, найдём скорость после удара $V_1 = \frac{\sqrt{V^2 + 4V^2 + 4V^2 \cos \beta}}{3} = 5,44 \text{ м/с}$.

Чтобы найти скорость в момент падения на землю, воспользуемся законом сохранения энергии: $\frac{3m_1^2}{2} + 3mgh = \frac{3m_2^2}{2}$.

Скорость $V_2 = \sqrt{2gh + V_1^2} = 11,7 \text{ м/с}$.

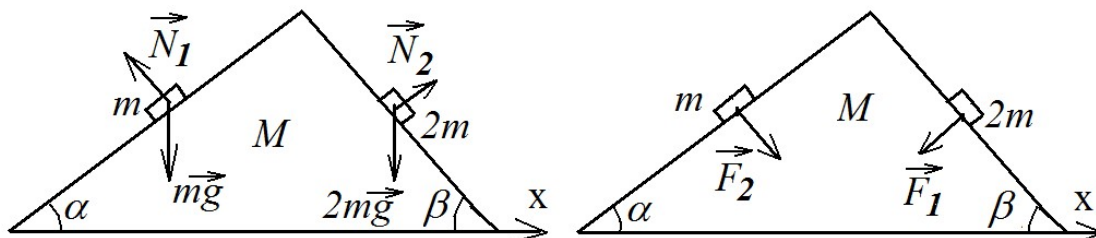
Ответ: 11,7 м/с

10 класс



1. Клин, у которого все поверхности гладкие, находится на гладком столе. Брусочки массой m и $2m$ одновременно начинают скользить с вершины клина. Определите ускорение клина. Углы при основании клина $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 60^\circ$, масса клина $M = m\sqrt{3}$. Ускорение свободного падения $g = 10m/c^2$.

Решение



На рисунке отдельно показаны силы, действующие на брусочки и на клин.

Силы, действующие на клин $|F_1| = N_1 = mg \cos \alpha$; $|F_2| = N_2 = 2mg \cos \beta$.

По II закону Ньютона для клина $F_2 \sin \beta - F_1 \sin \alpha = Ma$.

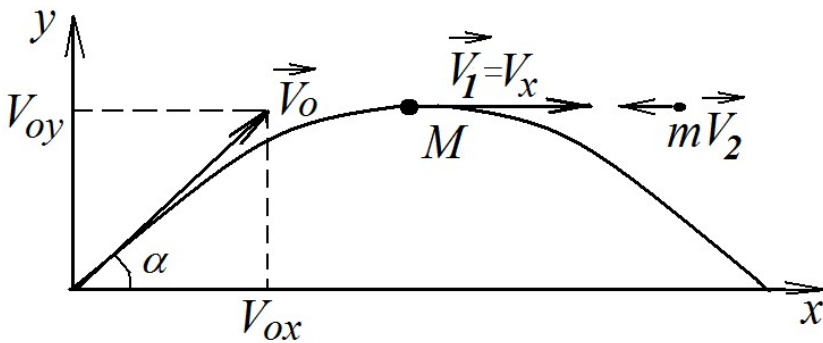
Подставляем силы и выражаем ускорение

$$a = \frac{mg}{M} (2 \sin \beta \cos \beta - \sin \alpha \cos \alpha) = \frac{g}{4} = 2,5m/c^2.$$

Ответ: $2,5 m/c^2$

2. С поверхности земли под углом $\alpha = 60^\circ$ со скоростью $V_0 = 40m/c$ брошено тело массой $M = 8m$. Когда это тело находится в верхней точке траектории, в него попадает пуля массой m , летящая горизонтально навстречу ему со скоростью $V_2 = 200m/c$. Тело раскалывается на две одинаковые части. Одна часть падает через $t = 2c$ точно под местом столкновения. С какой скоростью упадёт на землю вторая часть с застрявшей в ней пулей?

Решение

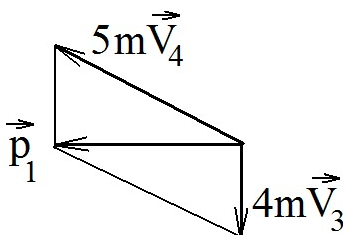


Скорость тела в верхней точке траектории $V = V_0 \cos \alpha = 20 \text{ м/с}$. Высота подъема тела $h = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = 60 \text{ м}$.

Импульс системы перед взаимодействием $mV_2 - 8mV_1 = p_1$.

Направления импульсов после взаимодействия см. на рисунке.

Скорость первой части найдём, зная время падения $h = V_3 t + \frac{gt^2}{2}$, отсюда $V_3 = 20 \text{ м/с}$.



Из рисунка $p_1^2 + (4mV_3)^2 = (5mV_4)^2$. Подставляя импульс перед ударом, получаем $V_4^2 = 320 \text{ м}^2/\text{с}^2$.

Запишем для второго осколка закон сохранения энергии $\frac{5mV_4^2}{2} + 5mgh = \frac{5mV_5^2}{2}$.

Тогда $V_5 = \sqrt{2gh + V_4^2} = 39 \text{ м/с}^2$.

Ответ: 39 м/с^2

3. Горизонтальный теплоизолированный сосуд разделён подвижным теплопроводящим поршнем на две части. В левой части объёмом V находится гелий при температуре $t_1 = -73^\circ \text{ C}$, а в правой, объёмом $2V$ аргон при температуре $t_2 = 327^\circ \text{ C}$.

1) Определить во сколько раз изменится объём гелия при установлении теплового равновесия?

2) Чему равна конечная температура?

Длина сосуда $L = 0,6 \text{ м}$, поршень движется без трения.

Решение

V	2V
$T_1 = 200\text{K}$	$T_2 = 600\text{K}$

Запишем уравнение состояния для первой и второй части, учитывая, что давление одинаковое $\nu_1 RT_1 = pV$; $\nu_2 RT_2 = p2V$. Отсюда получаем $\nu_1 = 1,5\nu_2$.

Температуру после установления теплового равновесия найдём, приравняв внутреннюю энергию системы в начальном и конечном состояниях:

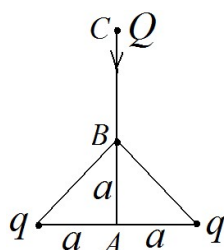
$$\frac{3}{2}\nu_1 RT_1 + \frac{3}{2}\nu_2 RT_2 = \frac{3}{2}(\nu_1 + \nu_2)RT, \text{ отсюда } T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = 360\text{K}.$$

В конечном состоянии $\nu_1 RT = p(V + \Delta V)$; $\nu_2 RT = p(2V - \Delta V)$.

После деления получаем $\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{V + \Delta V}{2V - \Delta V}$. Получаем изменение объёма $\Delta V = \frac{4V}{5}$.

Объём гелия $V_f = V + \frac{4}{5}V = \frac{9}{5}V$. Следовательно, объём увеличился в 1,8 раза.

Ответ: 1,8 раза; 360 К



4. Два одинаковых заряда $q = \sqrt{20}\text{мкКл}$ закреплены на расстоянии $2a$ друг от друга. Заряд $Q = -2\text{нКл}$ массы 1мг начинает движение с нулевой начальной скоростью из точки С. Чему будет равна его скорость в точке В? Расстояние $CA = 3a$. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона $k = 9 \cdot 10^9 \text{Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$, $a = 0,5\text{м}$.

Решение

Потенциал в точке С: $\varphi_1 = 2 \frac{kq}{r_1}$, где $r_1 = \sqrt{a^2 + 9a^2} = a\sqrt{10}$.

Потенциал в точке В: $\varphi_2 = 2 \frac{kq}{r_2}$, где $r_2 = a\sqrt{2}$.

Работа электрического поля по перемещению заряда переходит в кинетическую энергию

$$\frac{mV^2}{2} = Q(\varphi_1 - \varphi_2).$$

Подставляя потенциалы, получаем скорость $V = \sqrt{\frac{4kQq(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{\sqrt{10}})}{am}} = 15,9\text{м/с}$.

Ответ: 15,9 м/с

5. На дне сосуда с жидкостью находится источник, дающий узкий луч света. Направление луча можно менять. Показатель преломления жидкости $n = 1,25$, глубина слоя жидкости $H = 1,8$ м. Определите, на сколько нс различаются минимальное и максимальное время, за которое луч света проходит слой жидкости. Скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

Решение

От точечного источника на дне лучи распространяются под разными углами.

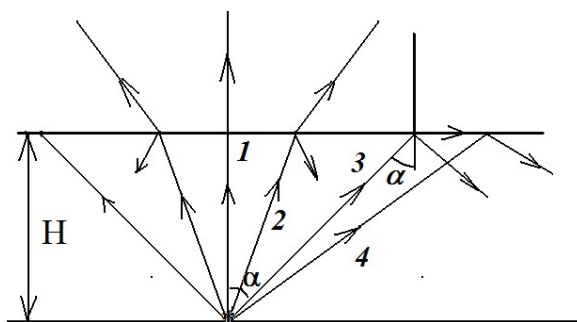
Меньшее время до выхода из воды затратит луч 1. Скорость света в воде $v = \frac{c}{n}$.

Минимальное время

$$t_1 = \frac{H}{v} = \frac{Hn}{c} = \frac{1,8 \cdot 1,25}{3 \cdot 10^8} = 0,75 \cdot 10^{-8} \text{ с} = 7,5 \text{ нс}$$

с.

Для всех лучей кроме 4, наблюдаются как преломленные, так и отражённые лучи. Для третьего луча угол α является предельным, преломленный луч для него идёт по границе раздела, для лучей у которых угол падения больше предельного (например 4) будет наблюдаться явление полного внутреннего отражения, то есть они не выйдут из воды. Следовательно, наибольшее время будет наблюдаться для луча 3.



По закону преломления для 3 луча $\frac{\sin \alpha}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{n}$, $\sin \alpha = \frac{1}{1,25} = 0,8$

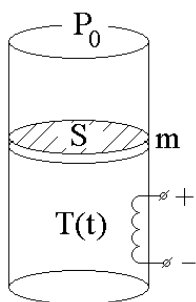
$$\text{Путь 3 луча } S = \frac{H}{\cos \alpha} = \frac{H}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{1,8}{0,6} = 3 \text{ м.}$$

$$\text{Максимальное время } t_2 = \frac{Sn}{c} = \frac{3 \cdot 1,25}{3 \cdot 10^8} = 1,25 \cdot 10^{-8} \text{ с} = 12,5 \text{ нс}$$

Разница времен $12,5 \text{ нс} - 7,5 \text{ нс} = 5 \text{ нс}$.

Ответ: 5 нс

11 класс

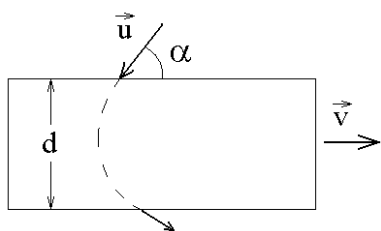


1. В вертикальном теплоизолированном цилиндрическом сосуде с гладкими стенками горизонтальный поршень массы $m = 3$ кг и площадью $S = 30 \text{ см}^2$ удерживается в равновесии криптоном в количестве 2 моль при температуре $T_0 = 300$ К. Газ начали медленно нагревать так, что его температура стала линейно изменяться во времени по закону $T = T_0 + b \cdot t$, где постоянная $b = 0,02$ К/сек. Найти мощность нагревателя. Атмосферное внешнее давление $P_0 = 10^5$ Па; $g = 10$ м/с²; газ считать идеальным

Решение

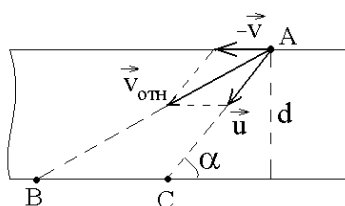
В каждый момент времени поршень будет находиться в равновесии, что означает изобарический процесс. При изобарическом нагревании газ совершает работу, равную $A = p\Delta V = \nu R\Delta T$, а его внутренняя энергия изменяется по формуле $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$, так как криптон - одноатомный газ. Таким образом, тепло, полученное газом, равно $\Delta Q = \Delta U + A = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + \nu R\Delta T = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$, а мощность нагревателя $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{5}{2}\nu R \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{5}{2}\nu R \cdot b = \frac{5}{2} \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 0,02 = 0,831$ Вт.

Ответ: 0,831 Вт



2. Длинная горизонтальная лента шириной 12 см движется с постоянной продольной скоростью $v = 15$ см/с. Под углом $\alpha = 30^\circ$ к краю ленты в той же плоскости на нее въезжает маленькая шайба со скоростью $u = 50$ см/с и оставляет за собой след. Из за трения шайба меняет свою скорость и направление движения и в

конце концов покидает полосу с некоторой скоростью. Сколько времени находилась шайба на ленте? Коэффициент трения скольжения шайбы о ленту $\mu = 0,02$; $g = 10$ м/с².



Решение

Перейдем в инерциальную систему отсчета, связанную с лентой. В этой системе у шайбы будет относительная ско-

рость $v_{\text{отн}} = \sqrt{v^2 + u^2 + 2 \cdot v \cdot u \cdot \cos \alpha} = \sqrt{0,15^2 + 0,5^2 + 2 \cdot 0,15 \cdot 0,5 \cdot \cos 30^\circ} = 0,634 \text{ м/с}$

Сила трения создает тормозящее ускорение $a = \mu g = 0,2 \text{ м/с}^2$.

Путь, пройденный шайбой по ленте найдем из пропорции

$$\frac{AB}{v_{\text{отн}}} = \frac{AC}{u} = \frac{d}{u \cdot \sin \alpha} \Rightarrow AB = \frac{v_{\text{отн}} d}{u \cdot \sin \alpha} = \frac{0,634 \cdot 0,12}{0,5 \cdot 0,5} = 0,304 \text{ м}$$

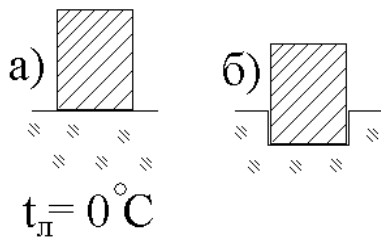
Составим уравнение кинематики равнозамедленного движения $AB = v_0 t - \frac{at^2}{2}$

или $0,1t^2 - 0,634 \cdot t + 0,304 = 0$. Решим уравнение: $D = 0,634^2 - 4 \cdot 0,1 \cdot 0,304 = 0,280$;

$$t_1 = \frac{0,634 - \sqrt{0,28}}{0,2} = 0,524 \text{ с}, \quad t_2 = \frac{0,634 + \sqrt{0,28}}{0,2} = 5,82 \text{ с}.$$

Второй ответ не подходит (это время возврата назад в точку В).

Ответ: 0,524 с



3. Цилиндр из легкого сплава массы $m = 600 \text{ г}$ нагрели до температуры $t_0 = 850 \text{ }^\circ\text{C}$ и поставили на горизонтальную поверхность толстого слоя льда, температура которого $t_{\text{л}} = 0^\circ\text{C}$ (см. рис. а). При плавлении льда в нем образуется цилиндрическая лунка с чуть большим радиусом, чем у цилиндра (рис. б), вода вытесняется на поверхность в виде тонкого слоя, а цилиндр погружается в лунку, при этом он окружен снизу и с боков тонким слоем воды, объемом которого можно пренебречь. Какой объем воды выльется через края лунки к моменту достижения теплового равновесия? Считать, что теплообмен происходит только между цилиндром, слоем льда и водой. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Справочные данные: теплоемкости: сплава $2000 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$; воды $4200 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$; теплота плавления льда $\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$; плотности: сплава 800 кг/м^3 ; воды 1000 кг/м^3 ; льда 900 кг/м^3

Решение

Вода из лунки будет вытесняться до тех пор, пока цилиндр не начнет плавать или он успеет охладиться до 0°C , но его дно все еще будет касаться льда. При плавании сила Архимеда будет компенсировать силу тяжести:

$$F_A = mg \quad \Rightarrow \quad \rho_{\text{воды}} g V_{\text{погр}} = mg \quad \Rightarrow \quad V_{\text{погр}} = \frac{m}{\rho_{\text{воды}}} = \frac{0,6}{1000} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3. \text{ - объем погруженной части равен}$$

объему расплавившегося льда и вытекшей воды. Тогда масса этого льда равна $m_{\text{л}} = \rho_{\text{льда}} V_{\text{погр}} = 900 \cdot 6 \cdot 10^{-4} = 0,54 \text{ кг}$.

Найдем изменение температуры цилиндра:

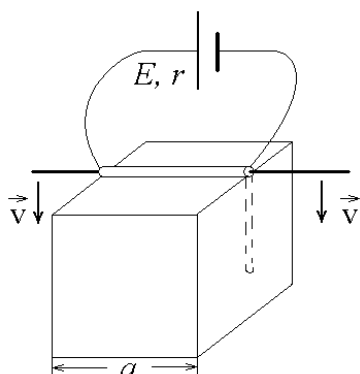
$$mC_{\text{сплава}}\Delta T = m_{\text{льда}}\lambda \Rightarrow \Delta T = \frac{m_{\text{льда}}\lambda}{mC_{\text{сплава}}} = \frac{0,54 \cdot 3,3 \cdot 10^5}{0,6 \cdot 2000} = 148,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Цилиндр охладится до $t_1 = 850 - 148,5 = 701,5 \text{ }^\circ\text{C}$. До 0°C еще очень далеко, лед продолжит таять, но из лунки не выльется, при этом вода будет находиться под цилиндром.

Таким образом, к моменту начала плавания из лунки вытекло

$$V_{\text{погр}} = \frac{m_{\text{л}}}{\rho_{\text{воды}}} = \frac{0,54}{1000} = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 = 0,54 \text{ литра}$$

Ответ: 0,54 литра



4. На горизонтальный стол положили кубик из льда с ребром $a = 10 \text{ см}$, который необходимо разрезать, используя тонкую нагревательную стальную нить, длиной равной длине ребра куба и площадью поперечного сечения $S = 1 \text{ мм}^2$. Нить подключена к источнику тока с ЭДС $1,5 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = 0,041 \text{ Ом}$. При плавлении льда эта нить удерживается в горизонтальном положении и опускается со скоростью v

вертикально вниз. Найти эту скорость, если температура ледяного куба равна 0°C . Считать, что все тепло, выделившееся в нити, идет только на плавление льда, а удельное сопротивление стали слабо зависит от температуры.

Справочные данные:

удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$;

плотность льда $\rho_{\text{л}} = 900 \text{ кг/м}^3$.

удельное сопротивление стали $\rho_{\text{ст}} = 9 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Решение

Найдем сопротивление стальной нити: $R = \frac{\rho_{\text{ст}}l}{S_{\text{сеч}}} = \frac{9 \cdot 10^{-8} \cdot 0,1}{10^{-6}} = 0,009 \text{ Ом}$.

Из закона Ома для замкнутой цепи найдем силу тока:

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{1,5}{0,009 + 0,041} = 30 \text{ А}.$$

Тепловая мощность в нити $P = I^2R = 30^2 \cdot 0,009 = 8,1 \text{ Вт}$.

За одну секунду выделится $Q = 8,1$ Дж тепла, которое пойдет на плавление льда

$$\text{массы } m = \frac{Q}{\lambda} = \frac{8,1}{3,3 \cdot 10^5} = 2,45 \cdot 10^{-5} \text{ кг, объем такого количества льда}$$

$$V = \frac{m}{\rho_{\text{л}}} = \frac{2,45 \cdot 10^{-5}}{900} = 2,73 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3. \text{ Нить оставляет за собой прорезь, толщина ко-}$$

$$\text{торой равна диаметру нити } d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-6}}{3,14}} = 1,13 \cdot 10^{-3} \text{ м, а ширина равна}$$

длине ребра.

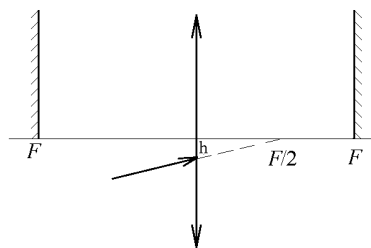
Таким образом, можно найти глубину проникновения нити за одну секунду

$$h = \frac{V}{d \cdot a} = \frac{2,73 \cdot 10^{-8}}{1,13 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1} = 2,42 \cdot 10^{-4} \text{ м или } 0,242 \text{ мм. Итак, скорость продвижения}$$

нити равна $0,242$ мм/с

Ответ: $0,242$ мм/с

5. В фокальных плоскостях собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены плоские зеркала, как показано на рисунке. На линзу падает луч света, продолжение которого пересекает главную оптическую ось в фокусе F , а



саму линзу на расстоянии h от центра линзы, причем

$$\frac{h}{F} = 2 \cdot 10^{-3}. \text{ На какой угол (в градусах) отклонится луч,}$$

прошедший через такую оптическую систему?

Для малых углов принять $\sin \alpha \approx \text{tg} \alpha \approx \alpha$ (рад).

КРИТЕРИИ
определения победителей и призёров
олимпиады школьников «Наследники Левши»
по физике 2020/21 учебного года

Определение победителей и призёров олимпиады школьников «Наследники Левши» по физике осуществляется по результатам заключительного этапа, проведённого в очной форме в Тульском государственном университете и на региональных площадках: Владимирского государственного университета им. А.Г. и Н.Г.Столетовых, Орловского государственного университета имени И.С.Тургенева, Псковского государственного университета, Тамбовского государственного университета им. Г.Р.Державина, Тверского государственного университета, Юго-Западного государственного университета (г. Курск), Воронежского государственного технического университета, Липецкого государственного технического университета.

Отборочный этап рассматривается жюри олимпиады как квалификационный, набранные на нём баллы используются только для определения участников, вышедших в заключительный этап, и не суммируются с итоговыми баллами заключительного этапа.

Для всех заданий заключительного этапа оценивание проводилось по следующей методике:

Максимальное значение баллов (20 баллов) за решение задачи выставляется при условии, что:

Приведено полное решение задачи, включающее следующие элементы:

- а) кратко записано условие задачи, записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом, в случае необходимости приведены грамотные рисунки и пояснения к ним;
- б) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений используемых в условии задачи и основных констант) с пояснениями; описания физических величин, встречающихся в задачах, может производиться с помощью математических соотношений, текстуально или с помощью рисунков;
- в) проведены все необходимые математические преобразования (допускаются пояснения на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу;
- г) представлен правильный ответ в общем виде и в численном значении с указанием единиц измерения искомой величины.

Снижение оценки на 1 - 5 баллов при условии, что:

Решение задачи удовлетворяет пунктам а, б, в, г, но имеются незначительные неточности, помарки, плохо читаемые символы и отдельные слова, которые могут трактоваться в пользу участника олимпиады.

Снижение оценки на 6 - 9 баллов при условии, что:

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и приведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки:

Записи, соответствующие пункту б), представлены не в полном объеме или отсутствуют.

Или

В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно неверные), не отделены от решения, (не зачеркнуты, не заключены в скобки и т.д.).

Или

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.

Или

Отсутствует пункт г), или в нем допущена ошибка

Снижение оценки на 10 - 15 баллов при условии, что:

Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:

а) Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием и без пояснений преобразований, направленных на решение задачи, и ответа.

Или

б) В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения задачи), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

Или

в) В решении отсутствует необходимый грамотный рисунок и пояснения к нему.

Или

г) **В ОДНОЙ** из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

Снижение оценки на 13 - 18 баллов при условии, что:

Доказаны вспомогательные утверждения, помогающие в решении задачи. Рассмотрены отдельные важные случаи при отсутствии решения (или при ошибоч-

ном решении). Сделан грамотный рисунок, и приведен правильный ответ без полноценного решения.

Правильно записано краткое условие, но решение отсутствует - **0 баллов**

Правильный ответ при полном отсутствии текста решения - **0 баллов**

Результат участника определяется суммой баллов, полученных за каждую задачу:

	III место	II место	I место
7 класс	60-74	75-89	90-100
8 класс	60-70	71-79	80-100
9 класс	50-59	60-69	70-100
10 класс	50-60	61-69	70-100
11 класс	50-64	65-69	70-100

МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ
отборочного этапа
олимпиады школьников «Наследники Левши» по физике
2021/22 учебного года

7 класс

1. Мотоциклист из пункта **А** в пункт **В** ехал со скоростью $V_1=80$ км/ч. На обратном пути он треть времени ехал со скоростью $V_2=60$ км/ч, а оставшийся участок со скоростью $V_3=90$ км/ч. Найдите среднюю скорость этой поездки.

Ответ: 80 км/ч

2. Вдоль координатной оси **ОХ** движется тело. Уравнение движения имеет вид $x=15-5t$, где все единицы выражены в системе СИ. Определите путь, пройденный телом за $t = 10$ с от начала движения.

Ответ: 50 м

3. Ехавший по прямой дороге велосипедист увидел, что на колокольне стоящей у дороги впереди по курсу церкви, звонарь начал бить в колокола, но звук он слышал только через $t=3$ с. До церкви он доехал через $T=36$ с начала наблюдения. Какой путь проехал велосипедист с начала наблюдения?

Скорость звука - 330 м/с.

Ответ: 1080 м

4. В бокал налили 200 мл лимонада и добавили несколько кубиков льда с ребром $a=2$ см. Масса получившегося напитка оказалась $M=0,31$ кг. Сколько кубиков льда добавили в напиток? Плотность льда $\rho_1 = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, плотность лимонада равно плотности воды $\rho_2 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Ответ: 15

5. Друзья находились на середине плота длиной $L = 200$ м, сплавляемого по реке. Поговорив друг с другом, они пошли на противоположные концы плота. Время, за которое каждый из них дошёл до края плота, различалось в 4 раза. Мальчики удивились, т.к. знали, что при ходьбе по ровной дороге их скорости одинаковы. Они поняли, что надо учесть влияние течения реки. Определите скорость мальчиков, если известно, что скорость течения реки $V=3$ м/с.

Ответ: 5 м/с

8 класс

1. Плотность первой жидкости на 5% больше плотности второй. В первой жидкости плавает сосуд, в котором насыпаны дробинки. Их общая масса $M = 2$ кг. На сколько надо уменьшить массу (убрав несколько дробинок) при переносе из первой жидкости во вторую, чтобы его глубина погружения не изменилась?

Ответ: 0,1 кг

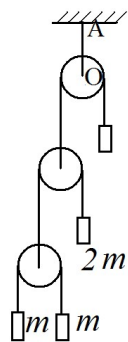
2. Куб с ребром 5 см плавает наполовину погружённый в ртуть. Поверх ртути наливают воду так, что уровень воды совпадает с верхней гранью куба. На сколько см изменится глубина погружения кубика в этом случае?

Плотность ртути $\rho_1 = 13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, плотность воды $\rho_2 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Ответ: 0,2 см

3. Беговая дорожка на школьном стадионе имеет замкнутую форму и длину $L = 500$ м. Точки старта и финиша совпадают. Два школьника начинают бег одновременно с линии старта, но бегут в противоположные стороны. Известно, что скорость первого $V_1 = 5$ м/с. Через $t_1 = 62,5$ с они встретились и, не останавливаясь, продолжили движение. На сколько секунд будет различаться время пробега для второго и первого школьника.

Ответ: второй на 67 с дольше



4. На рисунке изображена система блоков с грузами. Все блоки считать невесомыми, нити нерастяжимыми, трение в оси блоков отсутствует. Масса правого груза неизвестна, но система находится в равновесии. Определить силу натяжения верхней нити АО. Масса $m = 0,5$ кг.

Ответ: 40 Н

5. Если к пружине подвесить груз массы $m_1 = 0,2$ кг, то её длина будет равна $L_1 = 14$ см. Если груз заменить на $m_2 = 0,3$ кг, то длина пружины станет $L_2 = 16$ см. Какой станет длина пружины, если к пружине подвесить оба груза?

Ответ: 20 см

9 класс

1. На тело, брошенное под углом $\alpha = 53^\circ$ к горизонту с начальной скоростью $V_0 = 10 \text{ м/с}$, действует попутный горизонтальный ветер. Ветер сообщает телу ускорение $a = 1 \text{ м/с}^2$. Найти дальность полёта тела.

Справка: $\sin 53^\circ = 0,8$; $\cos 53^\circ = 0,6$.

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

Ответ: 10,9 м

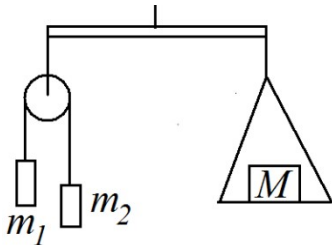
2. Тележка может катиться без трения по горизонтальной дороге. Двое рабочих прикладывая разные силы (постоянные), тянут тележку по очереди на одинаковых участках пути. Если тележку тянет первый рабочий, то в конце пути её скорость равна $0,8 \text{ м/с}$, а если второй, то скорость в конце пути $0,6 \text{ м/с}$. Какой будет эта скорость, если рабочие будут тянуть тележку вместе?

Ответ: 1 м/с

3. Шайба скользит по горизонтальной поверхности. Один участок пути $L = 24 \text{ м}$ она проходит за $t_1 = 4 \text{ с}$, а через $t = 10 \text{ с}$ от начала движения пройденный путь становится равным 48 м . Определите ускорение шайбы и скорость в конце второго участка.

Ответ: $a = 0,4 \text{ м/с}^2$; $V = 2,8 \text{ м/с}$

4. Чашу на левом конце весов заменили на блок, а на правом конце осталась чаша, грузы на которой можно менять. Через блок переброшена невесомая нерастяжимая нить к концам которой прикреплены грузы $m_1 = 0,4 \text{ кг}$, $m_2 = 0,6 \text{ кг}$. Когда блок заторможен, рычаг уравнивается грузом M на правой чаше. На сколько надо изменить этот груз, чтобы система оставалась в равновесии после освобождения блока?



освобождения блока?

Точка подвеса находится в центре стержня.

Ответ: уменьшить на 40 г

5. По проводнику течёт постоянный ток. За время $t = 10 \text{ мин}$ в проводнике выделяется

$Q = 8 \text{ кДж}$ тепла и проходит заряд $q = 200 \text{ Кл}$. Определите сопротивление проводника.

Ответ: 120 Ом

10 класс

1. Шайба скользит без начальной скорости по горке длиной $L = 45$ м с углом наклона к горизонту $\alpha = 53^\circ$. Коэффициент трения скольжения на первых 10 метрах горки $\mu_1 = 0,5$, а на остальной части пути μ_2 . На весь спуск затрачено время 4,5 с. Определить коэффициент трения скольжения на второй части пути. Справка: $\sin 53^\circ = 0,8$; $\cos 53^\circ = 0,6$.

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

Ответ: 0,8

2. Определить радиус орбиты спутника запущенного в плоскости экватора в направлении вращения Земли, если спутник находится постоянно над одной точкой земной поверхности?

Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$, радиус Земли $R = 6400$ км, масса Земли $M = 6 \cdot 10^{24}$ кг.

Ответ: $4,23 \cdot 10^7$ м

3. Две серебряные пули, летящие навстречу друг другу, сталкиваются абсолютно не упруго. Масса первой пули в 2 раза меньше, чем второй. Определите, как изменится температура пуль, если их скорость одинакова и равна $V = 900$ м/с. Ответ дать в м/с и округлить до целых.

Температура пуль до взаимодействия 27°C , удельная теплоёмкость свинца $c = 250 \text{ Дж/(кг K)}$.

Ответ: увеличится на 1400°

4. Резистор сопротивлением $R = 400$ Ом изготовили из проволоки, намотав её на непроводящий цилиндр длиной $L = 20$ см и диаметром $D = 8$ см так, что витки плотно прилегают друг к другу. Сколько получилось витков?

Удельное сопротивление проволоки равно $\rho = 0,4$ (Ом · мм²)/м

Ответ: 500

5. Дальность полёта тела, брошенного под углом к горизонту $L = 200$ м. Через 2 с проекции скорости на горизонтальную и вертикальную оси равны соответственно $V_x = 20$ м/с и $V_y = 30$ м/с. Точки старта и финиша находятся на одной горизонтали. Определите максимальную высоту подъёма тела. Ускорение свободного падения принять равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Ответ: 125 м

11 класс

1. Пиропатрон от новогоднего фейерверка падает в сугроб. Какое количество снега растаяло, если известно, что скорость пиропатрона 1 км/с, масса 10 г и при попадании в сугроб кинетическая энергия патрона уменьшается на 44 %. Изменение энергии расходуется на таяние (плавление) снега. Ответ выразить в граммах и округлить до целого числа.

Ответ: 10 г

2. Маленький стальной шарик падает с высоты 17 см на наклонную стальную пластинку, упруго ударяется о нее и отскакивает снова. Расстояние между точками соударений 5,4 см. Как изменилась скорость шарика после второго соударения, если угол наклона пластинки 17° . Ответ округлить до сотых.

Ответ: 0,25 (уменьшилась в 4 раза)

3. Мальчик направлял солнечных зайчиков с помощью маленького плоского зеркала. Он поворачивал зеркало вокруг оси проходящей через точку падения луча и перпендикулярной к плоскости, в которой лежат падающий и отраженный лучи. На какой угол он должен повернуть зеркало, чтобы отраженный от него луч повернулся на угол 15° ? Как изменился угол между падающим и отраженным лучами? Ответ дать в градусах и округлить до одного знака после запятой.

Ответ: $7,5^\circ$, на 15°

4. Готовая продукция перед упаковкой в коробки падает с верхнего горизонтального транспортера на нижний, тоже горизонтальный. Падает вертикально вниз. Скорости движения транспортеров одинаковые 2 м/с. Продукция имеет форму параллелепипеда и падает на нижний транспортер с начальной скоростью 3 м/с. При каком коэффициенте трения продукция не будет смещаться по транспортеру? Считать удар мгновенным. Ответ округлить до сотых.

Ответ: больше или равно 0,67

5. При переносе заряда из бесконечности в точку находящуюся на расстоянии 0,01 м от поверхности заряженного шара поле совершает работу 113 мкДж. Найти величину переносимого заряда, если известно, что поверхность шара заряжена до 12,56 нКл, радиус шара 1 см. Ответ дать в нанокуллонах и округлить до целого значения.

Ответ: 20 нКл

МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ
заключительного этапа
олимпиады школьников «Наследники Левши» по физике
2021/22 учебного года

7 класс

1. Моторная лодка проходит расстояние от пункта А до пункта Б за $t_1=1$ ч, а плот это же расстояние проплывает за $t_2=4$ ч. Лодка вышла из пункта А в момент когда плот проплывал мимо него. Дойдя до пункта Б лодка разворачивается. Через какое время после этого лодка встретится с плывущим плотом?

Решение

Скорость плота равна скорости течения реки $V_2 = V_p$. От пункта А до пункта Б путь равен $S = (V_p + V_l) t_1$, где V_l - скорость лодки в стоячей воде. Для плота этот путь $S = V_p t_2$. Следовательно, $V_p + V_l = 4V_p$, а скорость лодки $V_l = 3V_p$. При движении в обратную сторону скорость лодки относительно берега $V_3 = (-V_p + V_l) = 2V_p$.

Когда лодка дойдёт до пункта Б, плот пройдёт расстояние $S/4$ и расстояние между плотом и лодкой $3S/4 = t(V_p + V_3) = t3V_p = (3/4)V_p t_2$. Встреча произойдёт через $t = t_2/4 = 1$ час.

Ответ: 1 час

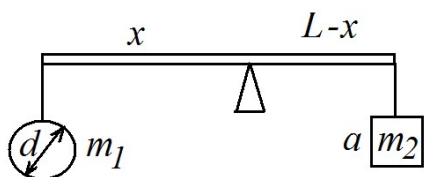
2. К левому концу невесомого стержня длиной $L=3$ м на тонкой невесомой нити подвешен шар, а к правому концу куб из того же материала. Диаметр шара d равен стороне куба a . На каком расстоянии от левого конца стержня надо поместить опору, чтобы система находилась в равновесии?

Справка: Объём шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, где $\pi=3,14$, R – радиус шара.

Ответ: 1,97 м

Решение

В состоянии равновесия моменты сил $m_1 g x = m_2 g(L-x)$. (1)



Радиус шара $R = a/2$. Масса шара $m_1 = V_1 \rho = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{a}{2}\right)^3 \rho$,
 масса куба $m_2 = V_2 \rho = a^3 \rho$.

Подставим эти массы в (1) $\frac{4}{3}\pi \left(\frac{a}{2}\right)^3 \rho x = a^3 \rho(L-x)$,
 отсюда $\frac{\pi}{6} x = L - x$.

Получаем $x=1,97$ м.

3. Два металлических стержня имеют одинаковую массу. Диаметр первого медного стержня в 2 раза больше, чем второго, изготовленного из цинка. Длина какого стержня больше и во сколько раз?

Плотность меди $\rho_1 = 8900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, плотность цинка $\rho_2 = 7100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Решение

Масса медного стержня $m_1 = V_1 \rho_1 = L_1 4S \rho_1$, масса стержня из цинка $m_2 = V_2 \rho_2 = L_2 S \rho_2$.

Так как массы равны, получаем $\frac{L_2}{L_1} = \frac{4\rho_1}{\rho_2} = \frac{4 \cdot 8900}{7100} = 5$.

Ответ: второго, в 5 раз длиннее

4. Пункты **А** и **В** находятся на расстоянии $S=50$ км друг от друга. Из пункта **В** со скоростью $V_1=60$ км/ч отходит автобус. Через 10 минут из пункта **А** в том же направлении выезжает мотоциклист со скоростью $V_2=120$ км/ч. На каком расстоянии от пункта **В** мотоциклист догонит автобус?

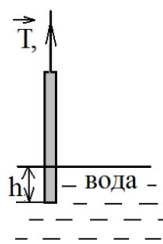
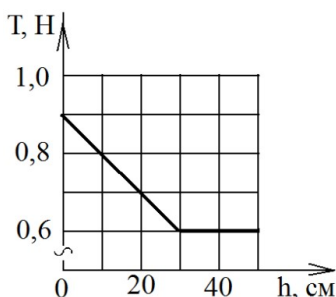
Решение

Пусть x – расстояние от пункта **А**, на котором произойдёт встреча. Тогда $x = V_1 t_1$. (1)

Мотоциклист до встречи пройдёт расстояние $S+x=V_2 t_2=V_2 (t_1-\Delta t)$. (2)

Подставляем (1) в (2) и получаем $S+V_1 t_1=V_2(t_1-\Delta t)$ и находим время движения автобуса до встречи $t_1 = \frac{S+V_2 \Delta t}{V_2-V_1} = \frac{50+120 \cdot \frac{1}{6}}{120-60} = \frac{7}{6}$ часа. Следовательно, $x = V_1 t_1 = 60 \cdot \frac{7}{6} = 70$ км.

Ответ: 70 км



5. Стержень длиной L опускают в воду. Зависимость силы натяжения троса от глубины погружения дана на графике. Определите плотность стержня, если его площадь поперечного сечения $S=10^{-4} \text{ м}^2$. Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

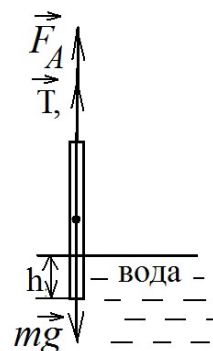
Решение

На стержень действуют сила тяжести, сила Архимеда и сила натяжения троса (см. рис.), причём $F_A + T = mg$ (1). Сила натяжения $T = mg - F_A$. Масса стержня $m = \rho_{cm} SL$, $F_A = \rho g V = \rho g S h$, где h – глубина погруженной в жидкость части стержня.

При глубине погружения 30 см сила натяжения перестаёт меняться, т.е. стержень целиком погружён в воду и его длина $L = 0,3 \text{ м}$.

При $h=0$ сила натяжения равна силе тяжести $T = \rho_{cm} SLg$, следовательно плотность стержня $\rho_{ст} = \frac{T}{SLg} = \frac{0,9}{10^{-4} \cdot 0,3 \cdot 10} = 3000 \text{ кг/м}^3$

Ответ: 3000 кг/м³



8 класс

1. Мощность струи воды текущей из шланга диаметром $D = 2$ см равна $P = 4,2$ Вт. Определить скорость вытекающей из шланга воды. Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Решение

Кинетическая энергия вытекающей струи $E = \frac{mU^2}{2}$, где U – скорость вытекающей струи.

За время t масса вытекающей воды $m = \rho V = \rho Sx = \rho \pi R^2 U t$.

$$\text{Мощность } P = \frac{E}{t} = \frac{\rho \pi R^2 U t U^2}{2t} = \frac{\rho \pi R^2 U^3}{2}.$$

$$\text{Выражаем скорость } U = \sqrt[3]{\frac{2P}{\rho \pi R^2}} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 4,2}{1000 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4}}} = 3 \text{ м/с}$$

Ответ: 3 м/с

2. В калориметре находится смесь воды и льда при $t_1 = 0$ °С. Массы льда и воды одинаковы и равны $m_1 = m_2 = 1$ кг. В эту смесь опускают стальную деталь массой $m_3 = 0,5$ кг при температуре $t_2 = 200$ °С. Сколько воды останется в калориметре после установления теплового равновесия? Теплоёмкостью калориметра пренебречь.

Справочные материалы: удельная теплоёмкость воды $c_1 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, удельная теплоёмкость льда $c_2 = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, удельная теплоёмкость стали $c_3 = 460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$, удельная теплота парообразования $L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

Решение

Количество теплоты, необходимое для плавления льда

$$Q_1 = m_2 \lambda = 1 \cdot 3,3 \cdot 10^5 = 330 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 330 \text{ кДж}$$

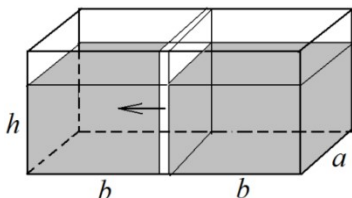
Количество теплоты, которое выделит деталь при остывании до 0 °С

$$Q_2 = m_3 c_3 (t_2 - t_1) = 0,5 \cdot 460 (200 - 0) = -46 \cdot 10^3 \text{ Дж}.$$

Следовательно, этого тепла не хватит для плавления всего льда, т.е. конечная температура 0 °С и растает только часть льда $\Delta m = \frac{|Q_2|}{\lambda} = \frac{46 \cdot 10^3}{3,3 \cdot 10^5} = 0,14 \text{ кг}$.

Тогда масса воды $m_3 = m_1 + \Delta m = 1,14 \text{ кг}$

Ответ: 1,14 кг



3. В ёмкость с вертикальными стенками и прямоугольным основанием налита вода до высоты $h = 0,8$ м. Длина ёмкости $2b = 2$ м, ширина $a = 0,6$ м. В центр этой ёмкости помещают плотно прилегающую ко дну и боковым

стенкам перегородку, а затем смещают её влево на расстояние равное a . Определить силу давления на перегородку, которое оказывает вода, находящаяся слева от неё. Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Решение

При перемещении перегородки объём воды в левой части не изменяется, следовательно

$$h b a = h_1 a (b-a) \text{ и высота воды станет } h_1 = \frac{hb}{b-a} = \frac{0,8 \cdot 1}{1-0,6} = 2 \text{ м.}$$

$$\text{Давление на боковую стенку станет } P = \frac{1}{2} \rho g h_1. \text{ Сила давления } F = PS = \frac{\rho g h_1 \cdot h_1 a}{2} = \frac{\rho g a h_1^2}{2} = \frac{10^3 \cdot 10^{-4} \cdot 0,6}{2} = 12 \cdot 10^3 \text{ Н} = 12 \text{ кН.}$$

Ответ: 12 кН

4. К концу **A** невесомого стержня длиной $L=3\text{ м}$ подвешен на тонкой невесомой нити шар, а к другому концу **B** куб из того же материала. Диаметр шара d равен диагонали куба. На каком расстоянии от конца **A** надо поместить опору, чтобы система находилась в равновесии?

Справка: Объём шара $V = \frac{4}{3} \pi R^3$, где $\pi=3,14$, R – радиус шара.

Решение

В состоянии равновесия моменты сил

$$m_1 g x = m_2 g (L-x). \quad (1)$$

Радиус шара $R = d/2$.

$$\text{Масса шара } m_1 = V_1 \rho = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 \rho = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d^3}{8}\right) \rho = \frac{\pi d^3}{3 \cdot 2} \rho. \quad (2)$$

Диагональ стороны куба по теореме Пифагора $b = a\sqrt{2}$, где a – сторона куба.

Из треугольника ABC находим диагональ куба $d^2 = a^2 + 2a^2 = 3a^2$. Сторона куба $a = \frac{d}{\sqrt{3}}$

Масса куба $m_2 = V_2 \rho = a^3 \rho = \frac{d^3}{3\sqrt{3}} \rho$. (3). Так как массы одинаковы, приравниваем

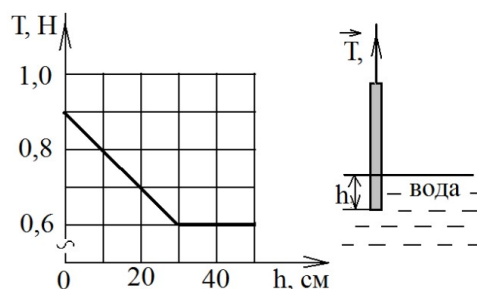
(2) и (3)

$$\frac{\pi d^3}{3 \cdot 2} \rho g x = \frac{d^3}{3\sqrt{3}} \rho g (L-x). \text{ Упрощая это выражение, получаем } \frac{\pi}{2} x = \frac{1}{\sqrt{3}} (L-x).$$

$$\text{Получаем } x = \frac{L}{\left(\frac{\pi\sqrt{3}}{2} + 1\right)} = 0,806 \text{ м} \approx 0,8 \text{ м}$$

Ответ: 0,8 м

5. Стержень длиной L опускают в воду. Зависимость силы натяжения троса от глубины погружения дана на графике. Определите площадь поперечного сечения стержня. Плотность воды



$\rho_1=1000 \text{ кг/м}^3$, плотность стержня $\rho_2=3000 \text{ кг/м}^3$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Решение

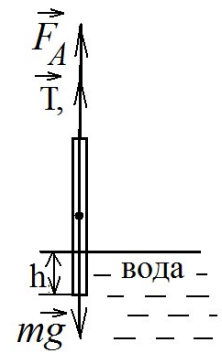
На стержень действуют сила тяжести, сила Архимеда и сила натяжения троса (см. рис.), причём $F_A + T = mg$ (1). Масса стержня $m = \rho_2 SL$, $F_A = \rho_1 g V = \rho_1 g Sh$, где h – глубина погруженной в жидкость части стержня.

При глубине погружения 30 см сила натяжения перестаёт меняться, т.е. стержень целиком погружён в воду и его длина $L = 0,3 \text{ м}$.

При $h=0$ сила натяжения равна силе тяжести $T=mg=\rho_2 SLg$, следовательно,

$$S = \frac{T}{\rho_2 L g} = \frac{0,9}{3000 \cdot 0,3 \cdot 10} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Ответ: 10^{-4} м^2



9 класс

1. Пули из игрушечного пистолета вылетают со скоростью $V=20\text{ м/с}$. Петя делает два выстрела вертикально вверх с интервалом $\tau = 0,8\text{ с}$. На какой высоте от точки выстрела пули столкнутся? На сколько метров различаются пройденные первой и второй пулей пути к моменту их столкновения? Ускорение свободного падения $g = 10\text{ м/с}^2$.

Решение

В момент столкновения координаты пуль совпадут, т.е.

$$y = Vt - \frac{gt^2}{2} = V(t - \tau) - \frac{g(t - \tau)^2}{2}$$

Отсюда получаем время полёта первой пули $t = \frac{\tau \frac{g}{2} + V}{g} = 2,4\text{ с}$.

Тогда высота $h = y = Vt - \frac{gt^2}{2} = 20 \cdot 2,4 - \frac{10 \cdot 5,76}{2} = 19,2\text{ м}$.

Время подъёма пули до верхней точки траектории $t_1 = V/g = 2\text{ с}$.

Максимальная высота подъёма первой пули $H = 20 \cdot 2 - \frac{10 \cdot 4}{2} = 20\text{ м}$.

К моменту встречи первая пуля пролетела путь $S_1 = 20 + 0,8 = 20,8\text{ м}$, а вторая $S_2 = 19,2\text{ м}$, разница составляет $\Delta S = 20,8 - 19,2 = 1,6\text{ м}$

Ответ: 19,2 м; 1,6 м

2. В одном теплоизолированном сосуде находится $V_1 = 6\text{ л}$ воды при температуре $t_1 = 80^\circ\text{C}$, во втором $V_2 = 1\text{ л}$ воды при температуре $t_2 = 20^\circ\text{C}$. Из первого сосуда во второй переливают 1 литр воды и перемешивают содержимое. Затем из второго сосуда переливают 1 литр воды в первый сосуд. Определите температуру, установившуюся в результате в первом сосуде.

Плотность воды $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, удельная теплоёмкость воды $c_1 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$.

Решение

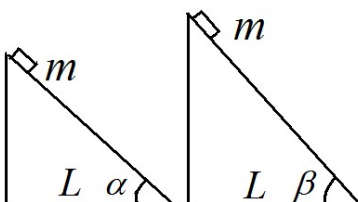
Пусть после переливания из первого сосуда во второй массы Δm в нём установится температура t_3 . Тогда $\Delta m \cdot c (t_1 - t_3) = m_2 c (t_3 - t_1)$. (1)

После переливания такой же массы в 1 сосуд в нём устанавливается температура t_4 .

$\Delta m \cdot c (t_3 - t_4) = (m_1 - \Delta m) c (t_4 - t_1)$. (2)

Решая эту систему уравнений и учитывая, что $m = \rho V$, получаем $t_4 = 75^\circ\text{C}$.

Ответ: 75°C



3. Небольшой диск массы $m = 50\text{ г}$ соскальзывает поочередно с двух наклонных плоскостей, изображённых на рисунке за одинаковое время. Углы $\alpha = 45^\circ$, $\beta = 60^\circ$. Определить коэффициент трения

скольжения, считая, что наклонные плоскости изготовлены из одинакового материала. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Решение

Запишем II закон Ньютона в проекциях на

$$OX: mg \sin \alpha - F_{mp} = ma_1 \quad (1)$$

$$OY: N = mg \cos \alpha;$$

$F_{mp} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$ подставляем в (1) и находим ускорение $a_1 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$. (2)

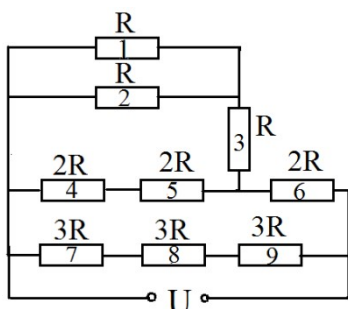
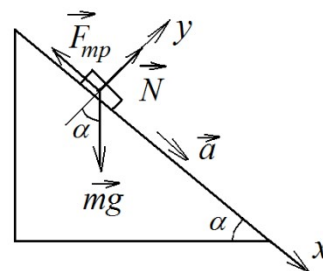
Для второго клина соответственно получаем $a_2 = g \sin \beta - \mu g \cos \beta$.

Путь, пройденный в первом случае $S_1 = \frac{L}{\cos \alpha} = \frac{a_1 t^2}{2}$, тогда ускорение $a_1 = \frac{2L}{\cos \alpha t^2}$, а во втором случае $a_2 = \frac{2L}{\cos \beta t^2}$.

Подставляем ускорения в (1) и (2) и делим эти выражения $\frac{\sin \alpha - \mu \cos \alpha}{\sin \beta - \mu \cos \beta} = \frac{\cos \beta}{\cos \alpha}$.

Выражаем отсюда коэффициент трения $\mu = \frac{1(\sin 2\alpha - \sin 2\beta)}{2(\cos^2 \alpha - \cos^2 \beta)} = \frac{0,866 - 1}{2(0,25 - 0,5)} = 0,27$

Ответ: 0,27



4. Определите общее сопротивление для приведённой схемы. Сопротивления резисторов указаны на схеме, $R = 266 \text{ Ом}$. Для удобства решения резисторы пронумерованы.

Решение

Резисторы 1 и 2 соединены параллельно $R_{12} = \frac{R}{2}$; К ним последовательно подключен резистор 3, т.е $R_{1-3} = R_{12} + R_3 = \frac{3}{2}R$.

Резисторы 4 и 5 соединены последовательно $R_{45} = 2R + 2R = 4R$ и они параллельны R_{1-3} . Тогда $R_{1-5} = \frac{R_{1-3} \cdot R_{45}}{R_{1-3} + R_{45}} = \frac{12}{11}R$. $R_{1-6} = \frac{12}{11}R + 2R = \frac{34}{11}R$.

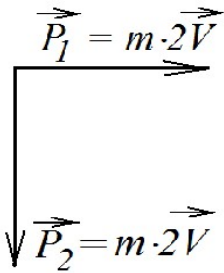
Резисторы 7, 8, 9 соединены последовательно $R_{7-9} = 9R$ и они параллельны R_{1-6} .

Тогда общее сопротивление $R_{об} = \frac{R_{7-9} \cdot R_{1-6}}{R_{7-9} + R_{1-6}} = \frac{306}{133}R = \frac{306}{133} \cdot 266 = 612 \text{ Ом}$

Ответ: $306R/133 = 612 \text{ Ом}$

5. Материальная точка массы m движется со скоростью $2V$. Перпендикулярно ей движется материальная точка массы $2m$ со скоростью V . На них одновременно начинают действовать одинаковые по величине и направлению силы. Через некоторое время направление скорости первой точки становится перпендикулярным первоначальному, а величина скорости остаётся $2V$. Определите величину и направление скорости второй точки в этот момент. Скорость $V = \sqrt{20} \text{ м/с}$. Ответ поясните рисунком.

Решение

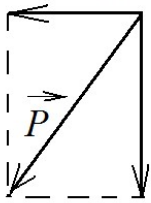


Для решения используем закон изменения импульса $\vec{F}\Delta t = \vec{P}_2 - \vec{P}_1$, где Δt – время действия силы, P – импульс. Тогда для первой точки в проекции на ось OX : $F_x\Delta t = 0 - m2V$, на ось OY : $F_y\Delta t = m2V - 0$.

У второй точки начальный импульс направлен перпендикулярно начальному импульсу первой, например, вниз по оси y .

На вторую точку действует та же сила, то есть проекции силы на ось одинаковы, тогда

$$P_x = 2m \cdot U_x$$



$$F_x\Delta t = 2mU_x - 0 = -m2V, \quad \text{т.е. } U_x = -V.$$

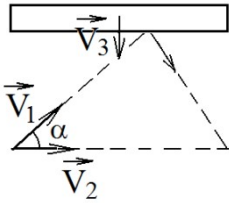
$$F_y\Delta t = 2mU_y - 2mV = m2V, \quad \text{т.е. } U_y = 2V.$$

Конечный импульс и его проекции изображены на рисунке.

Модуль скорости второй точки $U = \sqrt{U_x^2 + U_y^2} = V\sqrt{5} = \sqrt{20}\sqrt{5} = 10\text{ м/с}$

Ответ: 10 м/с

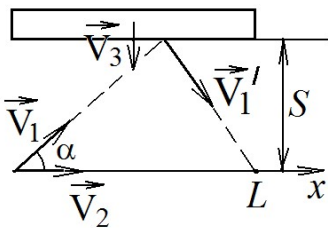
10 класс



1. По поверхности льда скользят без трения две одинаковые гайки, вылетевшие одновременно со скоростями V_1 и V_2 из одной точки. Угол между направлениями их движения $\alpha = 53^\circ$. Первая гайка, столкнувшись через время $t_1 = 5$ с с массивным стальным бруском, меняет направление движения и спустя время $t_2 = 1$ с сталкивается со второй. Определите скорость бруска V_3 , если скорость второй гайки $V_2 = 1,5$ м/с.

Справка: $\sin 53^\circ = 0,8$; $\cos 53^\circ = 0,6$.

Решение



По оси X гайки проходят одинаковые пути за одинаковое время. Проекция первой на эту ось не меняется в результате удара, то есть $V_1 \cos \alpha = V_2$.

Пусть в момент удара расстояние между осью X и бруском равно S . Выразим это расстояние до удара $S = V_1 \sin \alpha t_1$. Перед ударом скорость первой гайки в системе

отсчёта, связанной с движущимся бруском будет равна $(V_1 \sin \alpha + V_3)$. Так как брусок массивный, то в результате упругого удара вертикальная составляющая скорости остаётся неизменной, а при переходе в неподвижную систему отсчёта будет равна $V_1' = V_1 \sin \alpha + 2V_3$.

Тогда обратный путь $S = (V_1 \sin \alpha + 2V_3) t_2$. Тогда $V_1 \sin \alpha t_1 = (V_1 \sin \alpha + 2V_3) t_2$.

Выражаем отсюда скорость бруска $V_3 = \frac{V_1 \sin \alpha (t_1 - t_2)}{2t_2} = \frac{V_2 \sin \alpha (t_1 - t_2)}{2t_2 \cos \alpha} = \frac{1,5 \cdot 0,8 (5 - 1)}{2 \cdot 1 \cdot 0,6} = 4$ м/с

Ответ: 4 м/с

2. В кабине вертолёта, поднимающегося вертикально вверх с ускорением $a = 6$ м/с², груз соскальзывает с гладкой наклонной поверхности за $t_1 = 2$ с. За какое время будет спускаться этот груз с той же поверхности, если вертолёт зависнет в воздухе? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Решение

Запишем второй закон Ньютона в проекции на ось X для первого случая: $mg \sin \alpha = m(a_1 - a \sin \alpha)$.

Выражаем $a_1 = (g + a) \sin \alpha$.

Если вертолёт зависнет, то ускорение будет $a_2 = g \sin \alpha$.

Так как поверхность одинаковая, то пути в этих случаях одинаковые $L = \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{a_2 t_2^2}{2}$.

Тогда время во втором случае $t_2 = t_1 \sqrt{\frac{a_1}{a_2}} = t_1 \sqrt{\frac{a+g}{g}} = 2 \sqrt{\frac{10+6}{10}} = 2,53$ с

Ответ: 2,53 с

3. Необходимо нагреть оловянную деталь от комнатной температуры до температуры плавления. Напряжение, подаваемое на электропечь можно менять. Если напряжение равно 100В, то этот процесс занимает 2640 секунд, при напряжении 110В - 1680 с. Сколько минут потребуются на нагрев, если подать напряжение 100В? Потери теплоты от печи в окружающее пространство пропорциональны времени.

Решение

Тепло, выделяемое нагревателем расходуется на нагревание олова до температуры плавления (Q_1) и потери в окружающее пространство. Запишем для трёх напряжений

$$\frac{U_1^2 t_1}{R} = Q_1 + \alpha t_1; \quad (1) \quad \frac{U_2^2 t_2}{R} = Q_1 + \alpha t_2; \quad (2) \quad \frac{U_3^2 t_3}{R} = Q_1 + \alpha t_3; \quad (3)$$

Находим разности (1) - (2) и (1) - (3)

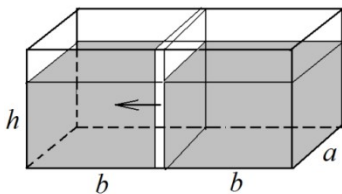
$$\frac{U_1^2 t_1 - U_2^2 t_2}{R} = \alpha(t_1 - t_2); \quad (4)$$

$$\frac{U_1^2 t_1 - U_3^2 t_3}{R} = \alpha(t_1 - t_3); \quad (5)$$

Поделив (4) на (5) получаем $\frac{U_1^2 t_1 - U_2^2 t_2}{U_1^2 t_1 - U_3^2 t_3} = \frac{(t_1 - t_2)}{(t_1 - t_3)}$.

Решая это уравнение, находим $t_3 = 1200 \text{ с} = 20 \text{ мин}$

Ответ: 20 мин (1200 с)



4. В ёмкость с вертикальными стенками и прямоугольным основанием налита вода до высоты $h=0,8 \text{ м}$. Длина ёмкости $2b=2 \text{ м}$, ширина $a=0,6 \text{ м}$. В центр этой ёмкости помещают плотно прилегающую ко дну и боковым стенкам перегородку, а затем смещают её влево на расстояние равное a . Определить силу давления на перегородку, которое оказывает вода, находящаяся справа от неё. Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Решение

При перемещении перегородки объём воды в части не изменяется, следовательно

$$h b a = h_1 a (b + a) \text{ и высота воды станет } h_1 = \frac{hb}{b+a} = \frac{0,8 \cdot 1}{1+0,6} = 0,5 \text{ м.}$$

Давление на боковую стенку станет $P = \frac{1}{2} \rho g h_1$. Сила давления $F = PS = \frac{\rho g h_1 \cdot h_1 a}{2} =$

$$\frac{\rho g a h_1^2}{2} = \frac{10^3 \cdot 10 \cdot 0,6 \cdot 0,25}{2} = 0,75 \cdot 10^3 \text{ Н} = 750 \text{ Н.}$$

Ответ: 750Н

5. Две бусины массы m и $2m$ скользят без трения навстречу друг другу по тонкому проволочному кольцу, расположенному в горизонтальной плоскости. Центробежное ускорение первой бусины $a_1=9\text{м/с}^2$, второй - $a_2=36\text{м/с}^2$. Найдите: а) их центробежное ускорение после неупругого столкновения; б) радиус кольца, если четверть кольца они прошли за время $t = 1,05\text{ с}$ после столкновения.

Решение

Из закона сохранения импульса: $2mV_2 - mV_1 = 3mV$. (1)

Центробежное ускорение $a = \frac{v^2}{R}$, тогда скорость $V = \sqrt{aR}$, где R - радиус кольца.

Подставляя в (1), получаем $2\sqrt{a_2R} - \sqrt{a_1R} = 3\sqrt{aR}$.

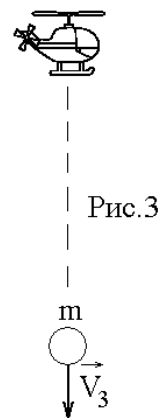
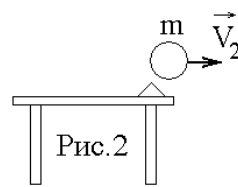
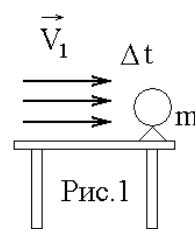
Отсюда получаем ускорение $a = \left(\frac{2\sqrt{a_2} - \sqrt{a_1}}{3}\right)^2 = 9\text{м/с}^2$.

Время $t = \frac{2\pi R}{4V} = \frac{\pi R}{2\sqrt{aR}} = \frac{\pi\sqrt{R}}{2\sqrt{a}}$, следовательно, радиус кольца $R = \left(\frac{2t}{\pi}\right)^2 a = 4\text{м}$

Ответ: $9\text{ м/с}^2, 4\text{ м}$

11 класс

1. Маленький шарик массы $m = 100$ г установлен его на подставке. Порыв ветра, длительностью $\Delta t = 0,2$ с (см. рис. 1) сдул шарик с подставки. Скорость ветра при этом была горизонтально направлена и равна $v_1 = 50$ м/с. Ветер сообщил шарiku скорость $v_2 = 0,5$ м/с (см. рис. 2). Оцените максимальную скорость v_3 , до которой смог бы разогнаться этот шарик, сброшенный с большой высоты с вертолета (см. рис. 3).



1) Какая скорость у него получилась при вычислениях?

2) До какой скорости разогнался бы другой шарик с увеличенным в 2 раза радиусом из того же материала?

Примечание: при маленьких скоростях тел сопротивлением воздуха обычно пренебрегают, но при очень больших скоростях возникает большая сила сопротивления воздуха, модуль которой пропорционален квадрату скорости воздуха относительно тела и площади поперечного сечения тела: $F_{\text{сопр}} = S_{\text{сеч}} \cdot v_{\text{отн}}^2$.

Решение

1) Импульс силы ветра придает импульс шарiku $F_{\text{сопр}1} \Delta t = mV_2$.

При падении с вертолета сила сопротивления воздуха будет компенсировать силу тяжести шарика:

$$F_{\text{сопр}2} = mg$$

Поделим эти уравнения друг на друга

$$\frac{F_{\text{сопр}1} \Delta t}{F_{\text{сопр}2}} = \frac{mV_2}{mg} \quad \Rightarrow \quad \frac{V_1^2}{V_3^2} = \frac{V_2}{g \Delta t} \quad \Rightarrow \quad V_3 = V_1 \sqrt{\frac{g \Delta t}{V_2}} = 50 \sqrt{\frac{10 \cdot 0,2}{0,5}} = 100 \text{ м/с.}$$

2) Анализируем формулу объема шара $V = \frac{4}{3} \pi R^3$, где R – радиус шара. Если радиус шарика увеличить в 2 раза, то его масса (объем) увеличится в 8 раз. Значит, чтобы скомпенсировать теперь его силу тяжести, надо увеличить силу сопротивления в 8 раз. Площадь сечения увеличится в 4 раза, квадрат скорости должен увеличиться при этом еще в 2 раза. Значит, сама скорость возрастет в $\sqrt{2}$ раз и станет равной 141 м/с.

Ответ: 1) 100 м/с; 2) 141 м/с

2. На рисунке изображена часть цепи, расположенной между двух клемм А и В, при этом потенциал точки А больше потенциала точки В. Верхняя часть цепи состоит из последовательно соединенных резисторов с сопротивлениями 1 Ом, 3 Ом и 5 Ом, а нижняя часть из последовательно соединенных резисторов с сопротивлениями 2 Ом, 4 Ом и 6 Ом. Если идеальный вольтметр подключают так, как показано на рис. 1, то его показания оказываются равными $U_1 = 35$ В.

Примечание: известно, что для измерения постоянного напряжения вольтметром, одним проводом соединяют клемму "+" на вольтметре и точку на схеме с бóльшим потенциалом, а вторым проводом соединяют клемму "-" на вольтметре и точку на схеме с меньшим потенциалом.

1) Укажите, в какой точке подсоединения вольтметра на рис. 1 будет бóльший потенциал?

2) Какими будут показания вольтметра, если его подключить так, как показано на рис. 2? В какой точке в этом случае будет потенциал бóльше?

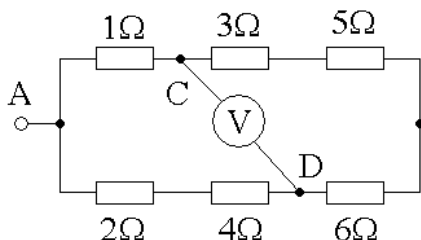


Рис.1

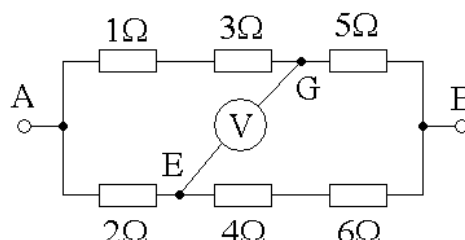


Рис.2

Решение

По верхней цепи течет ток $I_1 = \frac{U_{AB}}{1+3+5} = \frac{U_{AB}}{9}$, по нижней цепи $I_2 = \frac{U_{AB}}{2+4+6} = \frac{U_{AB}}{12}$

Отношение токов $\frac{I_1}{I_2} = \frac{12}{9} = \frac{4}{3}$

1) Показания $U_1 = \varphi_C - \varphi_D = (\varphi_A - \varphi_D) - (\varphi_A - \varphi_C) = I_2 \cdot (2+4) - I_1 \cdot 1 = \frac{3}{4} I_1 \cdot 6 - I_1 = 3,5 I_1 > 0$, это значит, что $\varphi_C > \varphi_D$, то есть в точке С потенциал будет бóльшим.

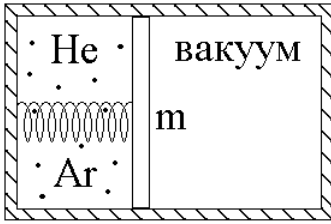
2) Показания $U_2 = \varphi_G - \varphi_E = (\varphi_A - \varphi_E) - (\varphi_A - \varphi_G) = I_2 \cdot 2 - I_1 \cdot (1+3) = \frac{3}{4} I_1 \cdot 2 - 4 I_1 = -2,5 I_1 < 0$.

Отсюда следует, что $\varphi_E > \varphi_G$.

Сравнивая величины показаний в двух случаях, приходим к выводу, что

$$\left| \frac{U_2}{U_1} \right| = \frac{2,5}{3,5} = \frac{5}{7} \Rightarrow |U_2| = \frac{5}{7} U_1 = \frac{5}{7} \cdot 35 = 25 \text{ В}$$

Ответ: 1) потенциал бóльше в точке С; 2) $U_2 = 25$ В, потенциал бóльше в точке Е.



3. Горизонтальный цилиндрический теплоизолированный сосуд с гладкими стенками разделен на две части подвижным поршнем некоторой массы m , который сделан из пористого материала. Поршень соединен горизонтальной идеальной пружиной с левой стенкой сосуда, перпендикулярно плоскости поршня. В левой части цилиндра вначале находилась смесь благородных газов – гелия и аргона – в количестве $\nu_1=0,2$ моль и $\nu_2=0,8$ моль соответственно при температуре $t=107$ °С, а в правой части был вакуум. Оказалось, что через мелкие поры поршня могут проходить только маленькие молекулы гелия, но не аргона. На сколько изменилась температура смеси (в °К) к моменту достижения нового положения равновесия поршня? Длиной ненапряженной пружины пренебречь. Универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/моль·К. Газы считать идеальными. Ответ округлить с точностью до целых.

В левой части цилиндра вначале находилась смесь благородных газов – гелия и аргона – в количестве $\nu_1=0,2$ моль и $\nu_2=0,8$ моль соответственно при температуре $t=107$ °С, а в правой части был вакуум. Оказалось, что через мелкие поры поршня могут проходить только маленькие молекулы гелия, но не аргона. На сколько изменилась температура смеси (в °К) к моменту достижения нового положения равновесия поршня? Длиной ненапряженной пружины пренебречь. Универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/моль·К. Газы считать идеальными. Ответ округлить с точностью до целых.

Решение

Напишем условие равновесия поршня: $kh_1 = P_1S$, где S – площадь его сечения, h_1 – длина левой части сосуда и одновременно удлинение пружины, так как начальной длиной пружины пренебрегаем.

Из этого уравнения и из уравнения состояния идеального газа $P_1Sh_1 = (\nu_1 + \nu_2)RT_1$ следует, что

$$kh_1^2 = (\nu_1 + \nu_2)RT_1 \quad (1)$$

Для гелия поршень не является препятствием, поэтому он распространится на весь объем сосуда равномерно, а аргон останется в левой части. Парциальное давление гелия будет одинаковым в разных частях сосуда, потому что его концентрация и температура будут одинаковы, а $P = nkT$. Поэтому гелий действует на поршень с двух сторон с одинаковыми силами и их действие компенсируется.

В новом положении равновесия $kh_2 = P_2'S$, где P_2' – парциальное давление неона, h_2 новая длина левой части сосуда. Из этого уравнения и из уравнения состояния идеального газа $P_2'Sh_2 = \nu_2RT_2$ следует, что

$$kh_2^2 = \nu_2RT_2. \quad (2)$$

Так как сосуд теплоизолирован, то можно применить закон сохранения энергии для системы "смесь газов - поршень" с учетом того, что благородные газы одноатомны

$$\frac{3}{2}(\nu_1 + \nu_2)RT_1 + \frac{kh_1^2}{2} = \frac{3}{2}(\nu_1 + \nu_2)RT_2 + \frac{kh_2^2}{2} \quad (3)$$

подставим уравнения (1) и (2) в (3)

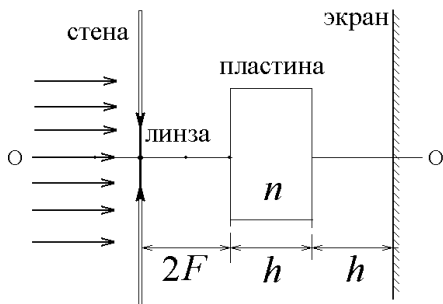
$$\frac{3}{2}(\nu_1 + \nu_2)RT_1 + \frac{(\nu_1 + \nu_2)RT_1}{2} = \frac{3}{2}(\nu_1 + \nu_2)RT_2 + \frac{\nu_2RT_2}{2},$$

откуда получим температуру T_2

$$T_2 = \frac{4(v_1 + v_2)T_1}{(3v_1 + 4v_2)} = \frac{4 \cdot 1 \cdot 380}{(3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,8)} = 400 \text{ К}$$

Температура изменилась на $\Delta T = T_2 - T_1 = 400 - 380 = 20 \text{ К}$

Ответ: 20 К



4. В непрозрачной стене сделано маленькое круглое отверстие диаметром $d = 6 \text{ см}$, в которое вставлена рассеивающая линза такого же диаметра с оптической силой $D = -\frac{1}{3}$ дптр. За линзой на двойном фокусном расстоянии расположена стеклянная плоскопараллельная пластина с показателем преломления $n = 1,5$ и толщиной $h = 120 \text{ см}$, а за ней на расстоянии h расположен экран. И пластина и экран параллельны стене и плоскости линзы. Линзу освещают параллельным главной оптической оси широким пучком света. Найти радиус светлого пятна на экране. При малых углах принять $\text{tg } \alpha \approx \sin \alpha$.

Решение

Фокусное расстояние линзы равно $F = \frac{1}{D} = -3$

м.

Параллельный пучок света, пройдя через рассеивающую линзу параллельно главной оптической оси, далее рассеивается так, как будто лучи выходят из мнимого фокуса слева от линзы из точки А, т.е. $OA = |F| = 3 \text{ м}$.

Таким образом, $AB = OA + 2|F| = 9 \text{ м}$.

Из рисунка найдем $\text{tg } \alpha = \frac{OP}{OA} = \frac{d/2}{|F|} = \frac{0,03}{3} = 0,01$.

Из закона преломления найдем

$$\text{tg } \beta \approx \sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n} \approx \frac{\text{tg } \alpha}{n} = \frac{0,01}{1,5}$$

Радиус пятна на экране

$$R = BC + DE + KG = AB \cdot \text{tg } \alpha + h \cdot \text{tg } \beta + h \cdot \text{tg } \alpha = 10 \cdot 0,01 + 1,2 \cdot \frac{0,01}{1,5} + 1,2 \cdot 0,01 = 0,11 \text{ м}$$

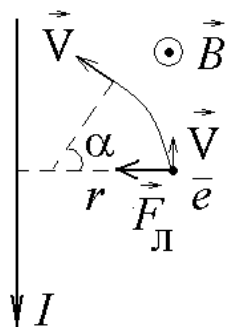
Ответ: 0,11 м

5. На расстоянии $r = 3 \text{ м}$ от бесконечного прямого провода параллельно нему движется электрон со скоростью $V = 2,15 \text{ м/с}$. На очень короткое время $\Delta t = 62,5 \text{ мкс}$ по проводу пропускают импульс постоянного тока $I = 26,8 \text{ А}$ в направ-

лении, противоположном движению электрона. На каком расстоянии от провода окажется электрон через 1 с после окончания импульса тока?

Замечание: бесконечный прямой провод с током создает на расстоянии r от себя индукцию магнитного поля $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$, где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная, Принять $\pi = 3,14$, масса электрона $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл

Решение



Найдем индукцию магнитного поля провода на расстоянии r :

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 26,8}{2\pi \cdot 3} = 1,787 \cdot 10^{-6} \text{ Тл.}$$

По правилу правого винта найдем направление индукции: перпендикулярно плоскости рисунка к нам. По правилу левой руки определяем направление силы Лоренца на отрицательную частицу: влево по рисунку. Электрон будет двигаться по дуге окружности радиусом

$$R = \frac{mV}{qB} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 2,15}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,787 \cdot 10^{-6}} = 0,686 \cdot 10^{-5} \text{ (м)}$$

находиться на одном месте). Период

$$T = \frac{2\pi R}{V} = \frac{2\pi \cdot m}{qB} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,787 \cdot 10^{-6}} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ (с)} = 20 \text{ мкс}$$

За 62,5 мкс электрон сделает три оборота и еще одну восьмую оборота, при этом скорость электрона отклонится на 45° от вертикали. Перпендикулярная проводу составляющая скорости электрона будет равна

$$V_r = V \cdot \cos 45^\circ = \frac{V}{\sqrt{2}} = \frac{2,15}{1,41} = 1,5 \text{ м/с.}$$

За 1 с электрон станет ближе к проводу на $V_r \cdot t = 1,5 \cdot 1 = 1,5$ м.

Ответ: 1,5 м

КРИТЕРИИ
определения победителей и призёров
олимпиады школьников «Наследники Левши»
по физике 2021/22 учебного года

Определение победителей и призёров олимпиады школьников «Наследники Левши» по физике осуществляется по результатам заключительного этапа, проведённого в очной форме в Тульском государственном университете и на региональных площадках: Владимирского государственного университета им. А.Г. и Н.Г.Столетовых, Орловского государственного университета имени И.С.Тургенева, Псковского государственного университета, Тамбовского государственного университета им. Г.Р.Державина, Тверского государственного университета, Юго-Западного государственного университета (г.Курск), Воронежского государственного технического университета, Липецкого государственного технического университета.

Отборочный этап рассматривается жюри олимпиады как квалификационный, набранные на нём баллы используются только для определения участников, вышедших в заключительный этап, и не суммируются с итоговыми баллами заключительного этапа.

Для всех заданий заключительного этапа оценивание проводилось по следующей методике.

Все задания оцениваются максимально по 20 баллов каждое при наличии:

- верно записанных всех необходимых для решения формул, законов, пояснений;
- качественно сделанных схем и рисунков;
- верных математических преобразований;
- верного ответа;
- указанных единиц измерений полученных физических величин.

Для учащихся 7 и 8 классов предусмотрено следующее снижение баллов:

- при отсутствии физических законов, формул или описания физического процесса, но при верно полученном ответе, максимально за задачу – **10** баллов.

Для учащихся 9, 10, 11 классов предусмотрено следующее снижение баллов:

- частично записаны необходимые для решения формулы, законы, пояснения – до 10 баллов;
- отсутствие необходимых схем и рисунков или наличие в них ошибок – до 5 баллов;

- ошибки в математических преобразованиях, вычислительные ошибки – до 5 баллов;
- частичное решение задачи, не приведшее к верному ответу – до 10 баллов;
- отсутствие единиц измерений полученных физических величин – до 5 баллов.

Результат участника определяется суммой баллов, полученных за каждую задачу. Соответствие

	III место	II место	I место
7 класс	40-54	55-69	70-100
8 класс	45-59	60-69	70-100
9 класс	55-64	65-79	80-100
10 класс	55-79	80-84	85-100
11 класс	45-54	55-79	80-100