ФИЗИКА

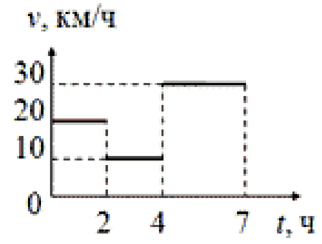
7-Й КЛАСС

1. На пачке офисной бумаги написано 90 г/м^2 (т. е. лист бумаги площадью 1 м^2 имеет массу 90 грамм). Чему равна масса листочка прямоугольной формы стороной 1 см и высотой 5 мм? Ответ выразить в мг.

Возможное решение:

Площадь листочка S=10^{-2} м*5*10^{-3}м=5*10^{-5} м^2

Масса листочка m=ρ*S= 90 г/м^2* 5*10^{-5} м^2 = 45*10^{-4} г=4,5 мг



2. Зависимость скорости автомобиля от времени представлена на рисунке слева. Определите среднюю скорость автомобиля.

Возможное решение:

Vср = ($v_1 t_1$ + $v_2 t_2$ + $v_3 t_3$)/ (t_1 + t_2 + t_3)=21,4 км/ч

3. Мы видим множество звёзд на небе, но каждая из них уникальна. У каждой звезды есть свой жизненный цикл. Например, в конце эволюции звезд, масса которых в 3−5 раз больше массы Солнца, происходит мощнейший взрыв, который называется вспышкой сверхновой. Однако звёзды находятся на очень больших расстояниях от Земли, поэтому мы не можем увидеть то, что происходит с этими небесными телами моментально. Через сколько лет после взрыва звезды Мира мы сможем увидеть от него вспышку, если расстояние от звезды до Земли составляет 26 490 240 астрономических единиц? Ответ округлить до целых. Скорость света принять равной с = 300 000 км/с. Одна астрономическая единица составляет 150 000 000 км. Считать, что один год длится 365 суток.

Возможное решение:

S = 26 490 240*150 000 000 км.

t = *S/v* = *S/c* = 26 490 240*150 000 000 км. / 300 000 км/с. = 1 324 512 000 с = 367 920 ч = 15 330 сут. = 42 года.

4. Два малыша Петя и Вася решили устроить гонки на движущемся вниз эскалаторе. Начав одновременно, они побежали из одной точки, расположенной точно посередине эскалатора, в разные стороны: Петя – вниз, а Вася – вверх по эскалатору. Время, затраченное на дистанцию Васей, оказалось в 3 раза больше Петиного. С какой скоростью движется эскалатор, если друзья на последних соревнованиях показали одинаковый результат, пробежав такую же дистанцию со скоростью 2,1 м/с?

Возможное решение:

Пусть **u** – скорость эскалатора, ***v = 2,1 м/с*** – скорость Васи и Пети.

$v_1 = (v-u)$ – скорость Васи, $v_2=(v+u)$ – скорость Пети.

$t_1 = l/ v_1=l/(v-u)$ $t_2=l/ v_2 = l/(v+u)$

$t_1 = 3 t_2$, **т. е** $l/(v-u) =3 l/(v+u)$, откуда ***u = 1,05 м/с***.

8-Й КЛАСС

1. Сплошной груз взвесили с помощью динамометра. Сначала его целиком погрузили в воду, а затем в керосин. В первом случае показания прибора составили P_1 = 3,2 Н, а во втором – P_2 = 3,6 Н. Определите плотность вещества, из которого сделан груз. Ответ выразите в **кг/м^3**, округлив до целых. Плотность воды и керосина составляет 1000 кг/м^3 и 800 кг/м^3 соответственно.

Возможное решение:

1) $P_1+\rho_1 Vg = \rho Vg$

2) $P_2+\rho_2 Vg = \rho Vg$

3) Решая систему уравнений, найдем $V = (P_2-P_1)/g(\rho_1-\rho_2)$
4) Из (1) $\rho = (P_1+\rho_1 Vg)/ Vg = 2600$ кг/м^3
5) Проверка: из (2) $\rho = (P_2+\rho_2 Vg)/ Vg = 2600$ кг/м^3

2. Латунный брусок, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда, кладут на ровную горизонтальную поверхность так, чтобы он соприкасался с ней одной из своих граней. Давление, которое брусок оказывает на эту поверхность, может быть равным $p_1 = 3400$ Па, $p_2 = 6000$ Па или $p_3 = 10625$ Па в зависимости от того, на какой грани он лежит. Определите массу бруска. Ответ выразите в кг, округлив до целых. Плотность латуни $\rho = 8500$ кг/м^3. Ускорение свободного падения $g = 10$ Н/кг.

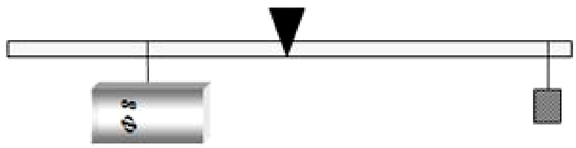
Возможное решение:
Пусть ребра параллелепипеда имеют размеры, *a, b и c,* тогда $m=\rho abc$
Тогда $p_1=mg/ab= \rho abcg/ab=\rho cg$
$p_2=mg/ac=\rho bg$
$p_3=mg/bc=\rho ag$
Отсюда $c=p_1/ \rho g$; $b=p_2/ \rho g$; $a= p_3/ \rho g$
Следовательно, $m=\rho abc= 3$ *кг*

3. Стальной шарик массой 50 г падает с высоты 1,5 м на каменную плиту и отскакивает от неё, поднимаясь на высоту 1,2 м. На сколько градусов при этом нагреется шарик (потерями энергии пренебречь).

Возможное решение:
1) $Q = \Delta E$ – закон сохранения энергии.
2) $\Delta E = E_{п1} – E_{п2}$ – изменение потенциальной энергии.
3) $E_{п1} = m\,gh_1$ – потенциальная энергия в начальный момент времени.
4) $E_{п2} = m\,gh_2$ – потенциальная энергия в конечный момент времени.
5) $Q = c\,m\,\Delta t$ – количество теплоты, приобретаемое телом при нагревании.
6) $\Delta t = \frac{g}{c}(h_1 - h_2)$, где $c = 500\ \frac{\text{Дж}}{\text{кг град}}$; $\Delta t = 0{,}006$ °C.

Критерии оценивания:
1. Закон сохранения энергии – 1 балл.
2. Формула изменения потенциальной энергии – 1 балл.
3. Формула потенциальной энергии – 1 балл.
4. Формула количества теплоты при нагревании тела – 1 балл.
5. Математические преобразования – 4 балла.
6. Правильный перевод в систему СИ – 1 балл.
7. Вычисления – 1 балл.

4. Петя решил определить массу учебника физики с помощью рычага. В распоряжении Пети имеется неоднородный по плотности рычаг, груз массой $m_1 = 100$ г с крючком, и, учебник по физике массой m_2. Петя собрал экспериментальную установку (смотрите рисунок), и стал проводить измерения (смотрите таблицу). Определите массу учебника, пользуясь данными, полученными Петей. Можно ли по данным таблицы определить массу рычага? Примечание: если неоднородный по плотности рычаг подвесить за середину, то он не будет в равновесии.



Таблица

Плечо груза, см	50	42
Плечо книги, см	17	15

Возможное решение:

Предположим, что рычаг имеет массу *m, а* центр тяжести находится справа от центра рычага, на расстоянии *x*.

Условие равновесия рычага:

$17\, m_2 = mx+50*0{,}1$

$15\, m_2 = mx+42*0{,}1$

Решая систему уравнений, находим $m_2 = 0{,}4$ кг. Эта система имеет решение при любом значении массы рычага.

9-Й КЛАСС

1. Проезжая на прямом участке автотрассы мимо заправочной станции со скоростью 90 км/ч, водитель начинал торможение. Автобусную остановку на пути следования автомобиль проезжает со скоростью 72 км/ч. С какой скоростью двигался автомобиль на половине расстояния между заправочной станцией и остановкой?

Возможное решение.

Получено выражение для расстояния между заправочной станцией и автобусной остановкой с учетом отрицательности проекции ускорения

$$\upsilon_2^2-\upsilon_1^2=-2aS$$

1. Составлено аналогичное выражение для половины расстояния

$$\upsilon_X^2-\upsilon_1^2=-2a\frac{1}{2}S$$, где υ_X – искомая скорость.

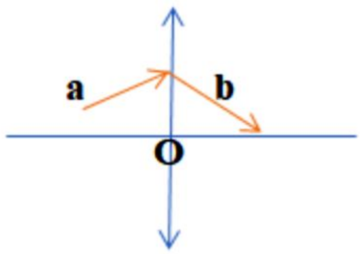
2. Решена полученная система уравнений и выражена искомая величина скорости

$$\upsilon_X=\sqrt{\frac{\upsilon_2^2+\upsilon_1^2}{2}}$$

3. Получено численное значение искомой скорости

$$\upsilon_X=\sqrt{\frac{90^2+72^2}{2}}\approx 81\frac{км}{ч}$$

2. Молодой, но талантливый физик Федя, самостоятельно изготовил действующую модель электродвигателя: нашел постоянные магниты, выточил сердечник якоря, намотал обмотку, промучился со скользящими контактами ... – подключил к батарейке и... чудо-двигатель заработал.



Так как Федя не только инженер-изобретатель, но и физик, он решил провести комплексное исследование характеристик двигателя.

В школьной лаборатории Федя нашел стабилизированный источник постоянного напряжения, реостат, амперметр, вольтметр, набор грузов известной массы. Закрепил двигатель на столе, на вал намотал нитку, к ее концу привязал груз, собрал электрическую схему, показанную на рис. 1 и приступил к исследованиям. Первые же результаты поразили молодого ученого – при изменении сопротивления реостата не изменялись показания ни амперметра, ни вольтметра! Изменялась только скорость подъема груза. При изменении массы подвешенного груза сила тока в цепи изменялась, причем оказалось, что сила тока в цепи работающего двигателя прямо пропорциональна массе поднимающегося груза

$I = km$,

где k – постоянный коэффициент, который Федя определил экспериментально (вы также считайте его известным).

Для объяснения полученных результатов Фединых экспериментов считайте известными:
- постоянное напряжение источника U_0;
- сопротивление обмотки электродвигателя R_0;
- пределы изменения сопротивления реостата: от нуля до R_m;
- масса подвешенного груза m;
- ускорение свободного падения g.

1. Запишите систему уравнений, описывающих работу двигателя, позволяющую рассчитывать силу тока в цепи и скорость подъема груза в зависимости от сопротивления реостата.
2. Найдите зависимость скорости подъема груза от сопротивления реостата.
3. Найдите максимальную массу груза, которую может поднять электродвигатель.
4. Найдите зависимость КПД двигателя от скорости подъема груза и его массы.

Возможное решение.

1. Первое уравнение требуемой системы приведено в условии задачи

$$I = km. \tag{1}$$

Второе уравнение является уравнением закона сохранения энергии (записанное для мощностей)

$$IU_0 = I^2(R + R_0) + mgv. \tag{2}$$

В этой системе две неизвестных величины, поэтому обе могут быть найдены.

2. Выражая значение силы тока из уравнения (1) и подставляя его в уравнение (2), получим

$$kmU_0 = k^2m^2(R + R_0) + mgv \quad , \tag{3}$$

Откуда находим зависимость скорости подъема груза от параметров системы

$$v = \frac{kU_0 - k^2m(R + R_0)}{g}. \tag{4}$$

3. Максимальная масса груза определяется из формулы (4), в которой следует устремить скорость подъема к нулю, сопротивление реостата также должно быть минимальным (то есть нуль):

$$m_{\max} = \frac{U_0}{kR_0}. \tag{5}$$

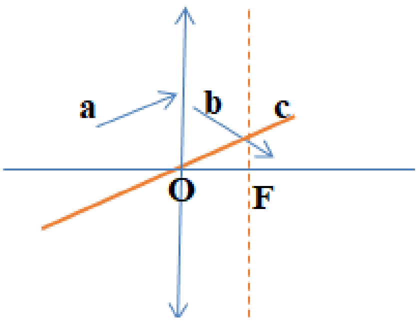
4. В данном случае КПД есть отношение мощности, затрачиваемой на подъем груза к мощности источника:

$$\eta = \frac{mgv}{IU_0} = \frac{gv}{kU_0}. \tag{6}$$

Подставляя выражение для скорости подъема из формулы (4), получим зависимость КПД от массы груза

$$\eta = 1 - \frac{km(R - R_0)}{U_0}.$$

3. Определите с помощью построения положение фокусов линзы, если задана главная оптическая ось и ход произвольного луча.



Возможное решение.

В решение указаны следующие положения:

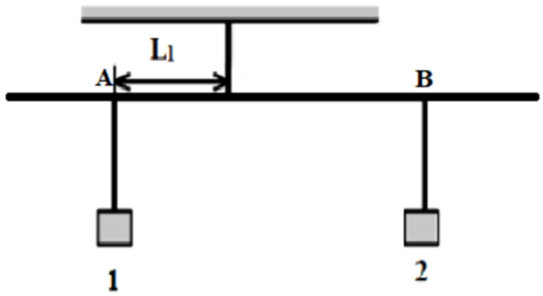
1) проведена побочная оптическая ось (c), параллельная падающему лучу (a) и проходящую через центр линзы;

2) точка пересечения этой побочной оси с лучом (b) в фокальной плоскости линзы;

3) точка пересечения фокальной плоскости с главной оптической осью является одним из фокусов;

4) второй фокус находится слева на таком же расстоянии от центра линзы (O).

4. Два тела одинакового объема, но различной плотности находятся в равновесии на невесомом стержне. Первое тело находится на расстоянии L_1 = 4 см от точки равновесия. На какое расстояние вдоль стержня необходимо переместить тело № 2, после опускания его в чашу с керосином, чтобы система осталась в равновесии? При решении задачи принять: плотность первого тела – ρ_1 = 10 500 кг/м^3, плотность второго тела – ρ_2 = 7000 кг/м^3, плотность керосина ρ = 800 кг/м^3.



Возможное решение.

1. Записано условие начального равновесия тел

$$m_1 g L_1 = m_2 g L_2$$

$$\rho_1 L_1 = \rho_2 L_2$$

Отсюда получено выражение для плеча L_2

$$L_2 = \frac{\rho_1 L_1}{\rho_2}$$

2. Записано условие равновесия стержня после погружения тела № 2 в керосин

$$m_1 g L_1 = \left(m_2 g - F_{Apx}\right) L_x$$

$$\rho_1 V g L_1 = \left(\rho_2 V g - \rho V g\right) L_x$$

3. Получено выражение для L_x

$$L_x = \frac{\rho_1 L_1}{\left(\rho_2 - \rho\right)}$$

4. Указано направление смещение груза № 2.

Его необходимо сместить вправо, увеличив плечо, так вес груза при погружении станет меньше.

5. Составлено выражение для смещения груза:

$$\Delta L = L_x - L_2 = \frac{\rho_1 L_1}{\left(\rho_2 - \rho\right)} - \frac{\rho_1 L_1}{\rho_2} = \frac{\rho \rho_1 L_1}{\rho_2\left(\rho_2 - \rho\right)} = \frac{800 \cdot 10500 \cdot 0{,}04}{7000\left(7000 - 800\right)} \approx 7\,мм$$

5. Чтобы переправить грузовик через реку, водитель решил построить плот. В его распоряжении N=30 еловых бревен длиной L=10 м и плотностью 600 кг/м^3 с площадью поперечного сечения S=300 см^2. Возможна ли переправа, если масса грузовика $m_{гр}$ = 4 т?

Возможное решение.

1. Записано условие плавание плота при полном погружении бревен.

$F_{Арх} = m_{пл}g + m_{гр}g;$

$\rho_{воды}gV_{бревен} = \rho_{бревен}gV_{бревен} + m_{гр}g;$

$\rho_{воды}NSL = \rho_{бревен}NSL + m_{гр}$

2. Получено выражение для количества бревен необходимого для переправы:

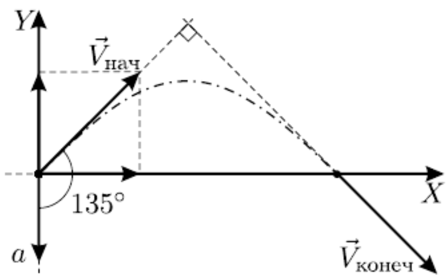
$N = \dfrac{m_{гр}}{LS\left(\rho_{воды} - \rho_{бревен}\right)}$

3. Рассчитано минимальное количество бревен

$N = \dfrac{4000}{10 \cdot 0,03(1000-600)} \approx 33,3$

4. Сделан вывод, что для переправы нужно не менее 34 бревен. Переправа грузовика невозможна.

10-Й КЛАСС



1. Космический корабль движется в открытом космосе со скоростью v. Требуется изменить направление скорости на 90°, оставив величину скорости неизменной. Найдите минимальное время, необходимое для такого манёвра, если двигатель может сообщать кораблю в любом направлении ускорение, не превышающее a. По какой траектории будет при этом двигаться корабль?

Возможное решение.

Перейдём в инерциальную систему отсчёта, движущуюся с постоянной скоростью $\vec{v}$. В новой системе отсчёта начальная скорость космического корабля равна нулю, а конечная скорость по модулю равна $v\sqrt{2}$ и направлена под углом 135° к первоначальному направлению движения.

Следовательно, для совершения манёвра нужно включить двигатели так, чтобы при развороте корабля его ускорение было всё время направлено в сторону конечной скорости корабля, то есть под углом 135° к первоначальному направлению движения. Тогда минимальное время манёвра будет равно

$$\tau = \frac{v\sqrt{2}}{a}.$$

Выясним, по какой траектории будет двигаться корабль при манёвре. Для этого вернёмся в исходную систему отсчёта и направим координатную ось Y декартовой системы координат в направлении, обратном ускорению, а ось X – перпендикулярно к ней, так, как показано на рисунке. Тогда закон движения в проекциях на эти оси примет вид:

$$x = \frac{v\sqrt{2}}{2}t, \;\; y = \frac{v\sqrt{2}}{2}t - \frac{at^2}{2}.$$

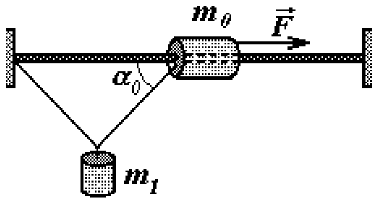
Выражая из первого уравнения время и подставляя его во второе, получим уравнение траектории корабля:

$$y = x - \frac{ax^2}{v^2},$$

то есть корабль будет двигаться по параболе, аналогично телу, брошенному под углом 45° к горизонту.

Ответ: $\tau = \dfrac{v\sqrt{2}}{a}$, парабола.

2. На горизонтальный стержень насажена муфта массы $m_0 = 1{,}0\,кг$, которая может скользить по стержню без трения. К муфте прикреплена легкая прочная нерастяжимая нить. Второй конец нити закреплен на конце стержня. К середине нити привязан груз массы $m_1 = 2{,}0\,кг$.

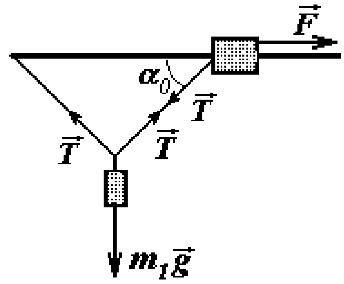


Какую горизонтальную силу F следует приложить к муфте, чтобы удержать груз m_1 в равновесии, при котором нить образует угол $\alpha_0 = 45°$ со стержнем?

Возможное решение.

В положении равновесия выполняются уравнения

$$\begin{aligned} m_1 g &= 2T\sin\alpha_0 \\ F &= T\cos\alpha_0 \end{aligned},$$



$$F = \frac{m_1 g\cos\alpha_0}{2\sin\alpha_0} \approx 10H.$$

Ответ: $F = \dfrac{m_1 g\cos\alpha_0}{2\sin\alpha_0} \approx 10H$.

3. При плавании порожней рыболовной шхуны в одном из морей ватерлиния (уровень максимального погружения шхуны) находится на высоте h_n = 0,5 м от поверхности воды, а в другом (более соленом) – на высоте h_c = 0,6 м. При этом максимальная загрузка рыбой в первом море составляет m_n = 50 тонн, а во втором – m_c = 63 тонны. Найдите массу m_o корабля без груза. Борта корабля в рассматриваемом диапазоне погружений можно считать вертикальными.

Возможное решение.

Обозначим площадь горизонтального поперечного сечения шхуны через S (поскольку борта шхуны считаются вертикальными, S постоянно для всех случаев), плотность менее соленой воды через ρ_n, более соленой – через ρ_c. Тогда в менее соленой воде $m_n = \rho_n S h_n$, в более соленой $m_c = \rho_c S h_c$.

Сразу же получаем

$$\frac{\rho_c}{\rho_n} = \frac{m_c}{m_n}\frac{h_n}{h_c} = \frac{1{,}26}{1{,}2} = 1{,}05.$$

Далее, обозначив через V_n объем воды, вытесняемой порожним судном в менее соленом море, а через V_c – в более соленом, получим:

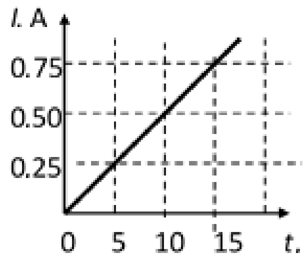
$$m_o = \rho_n V_n,\ m_o = \rho_c V_c,\ \frac{V_c}{V_n} = \frac{\rho_n}{\rho_c},$$

$$V_n - V_c = S(h_c - h_n) = Sh_c - Sh_n = \frac{m_c}{\rho_c} - \frac{m_n}{\rho_n},$$

$$m_o = \left(\frac{m_c}{\rho_c} - \frac{m_n}{\rho_n}\right)\frac{\rho_c\rho_n}{\rho_c - \rho_n} = \frac{m_c - 1{,}05m_n}{1{,}05 - 1} \text{ или } \frac{m_c - m_n\dfrac{\rho_c}{\rho_n}}{\dfrac{\rho_c}{\rho_n} - 1} = 210 \text{ т.}$$

Ответ: 210 т.

4. Вплотную к противоположным стенкам прямоугольного стеклянного сосуда вставлены две металлические пластинки, их размеры одинаковы и равны размерам соответствующих стенок сосуда. Пластины подключены к источнику постоянного напряжения U = 4,5 В. В сосуд наливают подкисленную воду. Определите массу воды, ежесекундно наливаемой в сосуд, если сила тока в цепи со временем изменяется так, как показано на графике. Расстояние между пластинами l = 25 см, плотность воды D = 1 г/см^3, ее удельное сопротивление $\rho = 7{,}2 \cdot 10^{-4}$ Ом·м.



Возможное решение.

По закону Ома сила тока между пластинами $I = \dfrac{U}{R}$. Сопротивление воды $R = \rho\dfrac{l}{S}$, площадь поперечного сечения $S = hd$, где h – высота столба воды, d – его ширина. Масса налитой воды $m = DV$, ее объем $V = dlh$.

Тогда искомая величина $\dfrac{m}{t} = \dfrac{\rho D l^2 I}{Ut}$

Силу тока I = 0,75 А и соответствующее время t = 15 с найдем по графику. В итоге получаем:

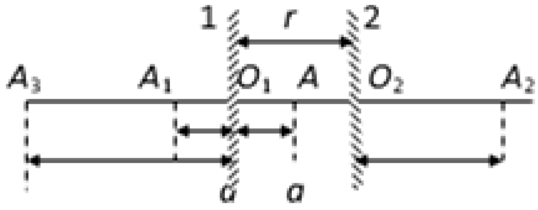
$\dfrac{m}{t} = 5 \cdot 10^{-4}$ г/с.

Ответ: $\dfrac{m}{t} = 5 \cdot 10^{-4}$ г/с.

5. В парикмахерской на противоположных стенах напротив друг друга находятся два параллельных плоских зеркала. Человек смотрит в одно из них. Определите расстояние l между двумя соседними изображениями лица человека в этом зеркале. Расстояние между зеркалами 4 м.

Возможное решение.

Пусть A – лицо человека,
A_1 – его изображение в зеркале 1.
Тогда расстояние $A_1O_1 = O_1A = a$
(обозначим его буквой a).
A_1 в зеркале 2 дает изображение A_2.
Расстояние $A_2O_2 = O_2A_1 = r + a$.
A_2 даст в зеркале 1 изображение A_3.
Расстояние $A_3O_1 = O_1A_2 = 2r + a$.
Искомое расстояние $l = A_1A_3 = 2r = 8$ м.



Ответ: 8 м.

11-Й КЛАСС

1. Кузнечик, подпрыгнув над землей на высоту h, пролетел по горизонтали расстояние l. Чему равна работа, совершаемая мышечной системой кузнечика при прыжке. Масса кузнечика m. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Возможное решение.

Воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии:

$$\mathrm{A} = \Delta E_{к} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} \qquad (1)$$

Конечная скорость кузнечика равна нулю. Начальную скорость найдем, рассмотрев прыжок, как движение тела, брошенного под углом к горизонту.

$$v_x = v_{0x} \qquad (2)$$

$$v_y = v_{0y} - gt \qquad (3)$$

$x(t) = l = v_{ox} \cdot t$ (4)

$y(t) = h = v_{0y} \cdot t - \frac{gt^2}{2}$ (5)

Из решения системы найдем скорости:

$v_{0y} = \sqrt{2gh}$; $v_{0x} = \frac{lg}{2\sqrt{2gh}}$.

По теореме Пифагора найдем начальную скорость кузнечика:

$$v_0 = \frac{l^2 g + 16gh}{8h}$$

Подставим полученное выражение в формулу (1), найдем работу мышечной системы кузнечика:

$$A = mg(\frac{l^2}{16h} + h)$$

Ответ: $A = mg(\frac{l^2}{16h} + h)$

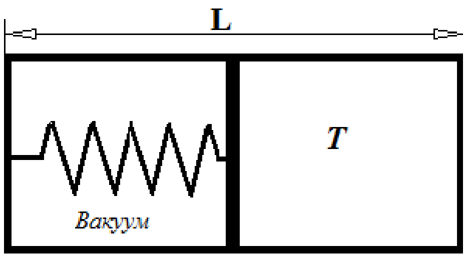
2. На нити длиной l висит, не раскачиваясь, груз массы m. Когда верхний конец нити двигают в горизонтальном направлении с постоянной скоростью, то максимальное отклонение груза соответствует положению нити под углом 45° к вертикали. Найдите эту скорость.

Возможное решение.

Если перейти в систему отсчета, связанную с верхним концом нити, то задача сводится к расчету скорости, которую нужно сообщить грузу в горизонтальном направлении, чтобы нить отклонилась от вертикали на 45°. Эта скорость находится по закону сохранения энергии:

$\frac{Mv^2}{2} = MgL(1 - \cos 45^0) \Rightarrow v = \sqrt{(gL(2 - \sqrt{2}))}$

3. На рисунке представлена схема защитного механизма одного из отсеков космического устройства. Замкнутое пространство отсека длиной L разделено на две части свободно перемещающимся затвором, прикрепленным с помощью упругой пружины жесткостью k к левой стене. В левой части находится вакуум, в правой – один моль разряженного воздуха. При нагревании воздуха до температуры T затвор делит все пространство на две равные части. Найдите длину пружины в недеформированном состоянии. Толщиной затвора пренебречь, воздух считать идеальным газом.



Возможное решение.

Обозначим площадь затвора – S.

Запишем уравнение состояния идеального газа: $pV = \nu RT$.

При температуре T объем газа равен: $V = \frac{SL}{2}$

Следовательно, давление газа равно: $p = \frac{2\nu RT}{SL}$

Из условия равновесия затвора можно записать: $k \cdot \Delta x = pS$,

где $\Delta x = \left(x - \frac{L}{2}\right)$ – сжатие пружины, x – длина пружины в недеформированном состоянии.

Таким образом: $x = \frac{L}{2} + \Delta x = \frac{L}{2} + \frac{pS}{k} = \frac{L}{2} + \frac{2\nu RT}{kL}$

При условии, что ν = 1 моль, ответ: $x = \frac{L}{2} + \frac{2RT}{kL}$

4. Два одинаковых маленьких шарика подвешены на нитях равной длины в одной точке. Когда одному шарику сообщили заряд (+q), а другому (+2q), они разошлись на некоторое расстояние. Определите модуль напряженности поля, созданного зарядами шариков в точке подвеса нитей, если кулоновская сила отталкивания шариков равна F.

Возможное решение.

Используя принцип суперпозиции и теорему косинусов, получим искомую величину:

$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos\alpha}$,

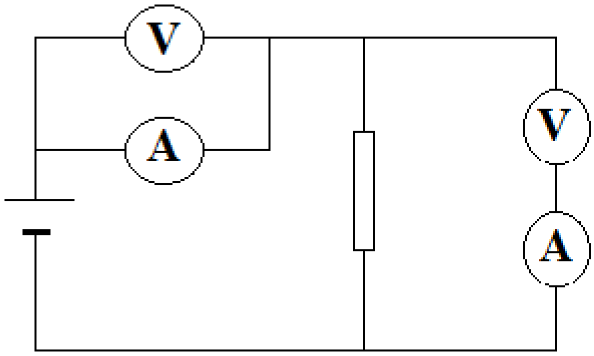
где $E_1 = \frac{kq}{l^2}$; $E_2 = \frac{2kq}{l^2}$; $\cos\frac{\alpha}{2} = \frac{h}{l} = \frac{\sqrt{l^2 - \frac{r^2}{4}}}{l}$.

Расстояние r выразим из кулоновской силы $F = \frac{2kq^2}{r^2}$.

Получим уравнение: $E = \frac{kq\sqrt{9 - \frac{4kq^2}{Fl^2}}}{l^2}$.

5. Ученик, выполняя лабораторный практикум, соединил вольтметр и миллиамперметр последовательно и дал название этому соединению – прибор № 1. Два других таких же прибора соединил параллельно и дал название – прибор № 2. После этого он взял неизвестный резистор и параллельно ему подсоединил прибор № 1. Далее последовательно, получившейся цепи он включил прибор № 2 и батарейку. Показания прибора № 1: 0,3 В и 0,7 мА. А показания прибора № 2: 2,7 В и 2,7 мА. По этим данным ученик определил сопротивление резистора. Какое значение получил ученик?

Возможное решение:



Рассматривая параллельное соединение вольтметра и миллиамперметра (прибор № 2) можно сделать вывод, что при токе $I_2 = 7$ *мА* напряжение миллиамперметре – $U_2 = 0{,}3$ *В*, следовательно, при токе 2,7 *мА* напряжение на нем составит: $U' = \frac{0{,}3 \cdot 2{,}7}{7} = 0{,}116$ *В*.

Тогда напряжение на резисторе составит:

$U_p = U_1 + U' = 2{,}7 + 0{,}116 = 2{,}816$ *В*.

Найдем ток через вольтметр в приборе № 2: В приборе № 1 вольтметр показывает 2,7 *В* при токе 2,7 *мА*, следовательно, при напряжении 0,3 *В* ток составит $I' = 0{,}3$ *мА*.

Следовательно, через резистор ток составит: $I_p = I_2 + I' - I_1 = 4{,}6$ *мА*.

Сопротивление резистора $R = \frac{U'}{I'} = 612$ *Ом*.