

XXXVII Всероссийская олимпиада школьников по физике

Школьный этап

9 класс

(продолжительность олимпиады 2 часа)

Решения представлены в том формате, в котором были присланы авторами задач.

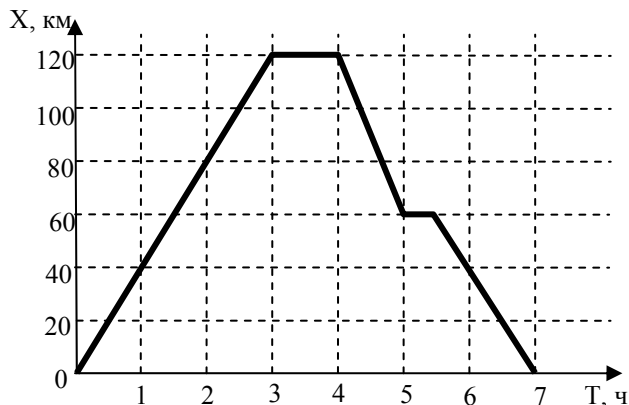
Задача 1.

Автор: Пичугина Елена Анатольевна, МОУ СОШ № 59

На рисунке показан график движения поезда вдоль оси X.

Ответьте на следующие вопросы:

- а) сколько времени двигался поезд в положительном направлении оси координат?
- б) сколько времени поезд стоял на каждой остановке?
- в) сколько всего времени поезд двигался в отрицательном направлении оси координат?
- г) какова координата поезда к моменту его первой остановки?
- д) определите перемещение поезда к моменту его второй остановки.
- е) определите перемещение и путь, пройденный поездом, за все время движения.



Ответы и критерии оценивания:

а	3ч	1балл
б	1ч.; 0,5ч.	1балл
в	2,5ч	1балл
г	120км	2балла
д	60 км	2балла
е	0 ; 240км	3балла

Задача 2.

Автор: Черная Татьяна Дмитриевна, МОУ СОШ № 15

Во время выполнения физической работы организм человека затрачивает некоторое количество энергии, часть которой идет на совершение полезной работы, а часть на испарение пота.

1. Какое значение имеет для организма выделение и испарение пота и почему человеку тяжело выполнять физическую работу при высокой влажности воздуха?

2. Организм человека выделяет за сутки во время тяжелой физической работы 2 кг пота. Какое количество теплоты затрачивается за сутки на испарение пота, если на испарение 1 г пота затрачивается $2,4 \cdot 10^3$ Дж?

3. Сколько льда, взятого при температуре -20°C , можно расплавить, используя то количество энергии, которое человеческий организм затрачивает за сутки, если известно, что этого тепла достаточно, чтобы довести до кипения 33л ледяной воды?

4. Какую полезную работу может совершить человек за сутки?

(Удельная теплота плавления льда $333 \cdot 10^3$ Дж/кг, удельная теплоемкость воды 4200 Дж/кг \cdot °C, удельная теплоемкость льда 2100 Дж/кг \cdot °C)

Решение и критерии оценивания:

1	Выделение и испарение пота предохраняет организм от перегрева. При высокой влажности процесс испарения с поверхности тела замедляется. При высокой температуре окружающей среды это приводит к перегреванию организма. По этой причине человеку трудно выполнять физическую работу при повышенной влажности.	1балл 1 балл
2	Если на испарение 1 г пота затрачивается $2,4 \cdot 10^3$ Дж, тогда на испарение 2 кг в 2000 раз больше. $2,4 \cdot 10^3$ Дж \cdot 2000 = $4,8 \cdot 10^6$ Дж	1 балл

3	<p>1) $Q_1 = Q_2 + Q_3$ - записано уравнение теплового баланса</p> <p>2) $Q_1 = c_1 m_1 \Delta t_1$ - количество теплоты, которое выделяет человеческий организм, $\Delta t_1 = 100^\circ\text{C}$</p> <p>3) $Q_2 = c_2 m_2 \Delta t_2$ - количество теплоты, необходимое для нагревания льда. $\Delta t_2 = 20^\circ\text{C}$</p> <p>4) $Q_3 = \lambda m_2$ - количество теплоты, необходимое для плавления льда.</p> <p>5) $c_1 m_1 \Delta t_1 = c_2 m_2 \Delta t_2 + \lambda m_2$</p> <p>$m_2(c_2 \Delta t_2 + \lambda) = c_1 m_1 \Delta t_1$</p> <p>$m_2 = c_1 m_1 \Delta t_1 / (c_2 \Delta t_2 + \lambda)$</p> <p>$m_2 = (4200 \cdot 33 \cdot 100) : (2100 \cdot 20 + 333 \cdot 10^3) = 36,96 \text{ кг}$</p> <p>или</p> <p>$Q_1 = c_1 m_1 \Delta t_1$ - количество теплоты, которое выделяет человеческий организм, $\Delta t_1 = 100^\circ\text{C}$</p> <p>$Q_1 = 4200 \cdot 33 \cdot 100 = 13860 \cdot 10^3 \text{ Дж}$</p> <p>$m_2 = Q_1 / (c_2 \Delta t_2 + \lambda)$</p> <p>$m_2 = 13860 \cdot 10^3 : 375 \cdot 10^3 = 36,96 \text{ кг}$</p>	<p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>Всего: 5баллов</p>
4	<p>Организм человека выделяет энергию 13860 кДж. На испарение пота затрачивает 4800 кДж энергии. Следовательно, на совершение работы будет затрачено $13860 - 4800 = 9060 \text{ кДж}$</p>	2 балла

Задача 3.

Автор: Карманов Максим Леонидович, МОУ Лицей № 31

Маленький мальчик по стройке гулял,

доску увидел, по ней побежал,

вдруг екнуло сердце, что-то не так!

Доска накренилась, под ней уж овраг....



На краю оврага лежит большая однородная доска массой $M=40 \text{ кг}$ и длиной $L=20 \text{ м}$. Доска лежит перпендикулярно краю оврага таким образом, что её часть длиной $l=5 \text{ м}$ свисает над оврагом. По доске в сторону оврага медленно идет мальчик, массой $m=60 \text{ кг}$.

На каком расстоянии от края обрыва будет находиться мальчик, когда доска начнет переворачиваться?

Сколько минимум кирпичей массой $\Delta m = 0,5 \text{ кг}$ каждый нужно положить на противоположный край доски, что бы мальчик смог дойти до конца доски и не упасть?

Решение и критерии оценивания:

Расстояние от центра масс доски до края обрыва равно $l_{\text{цмд}} = L/2 - l = 5 \text{ м}$. (1 балл)

Сила тяжести, действующая на доску, приложена к её центру масс. (1 балл)

Запишем равенство моментов сил относительно края обрыва.

$Mg l_{\text{цмд}} = mgx$, где x – расстояние от края обрыва до мальчика. (2 балла)

$x = l_{\text{цмд}}(M/m) = 3,3 \text{ м}$. (1 балл)

Если на конец доски положить кирпичи массой M_k , а мальчик будет стоять на другом конце доски, то равенство моментов сил примет вид:

$Mg l_{\text{цмд}} + M_k g(L-l) = mg l$ (2 балла)

откуда $M_k = (m l - M l_{\text{цмд}}) / (L-l) = 6,7 \text{ кг}$ (1 балл)

Так как один кирпич весит $0,5 \text{ кг}$, то нужно минимум 14 кирпичей. (2 балла)

Задача 4.

Автор: Асватова Ирина Витальевна, МОУ СОШ № 45

В сосуд налили $0,2$ литра воды. Если в сосуд поместить пенопластовый плотик объемом $V = 50 \text{ см}^3$ и сверху на него насыпать сахарный песок массой m , то плотик опустится в воду на $2/3$ своего объема. Если весь сахар растворить в воде, то плотик погрузится в воду на $1/6$ своего объема. Определите массу m сахарного

песка, массу M плотика и плотность полученного сахарного сиропа. Считайте, что при растворении сахара объем жидкости практически не меняется. Плотность воды 1000кг/м^3 .

Решение и критерии оценивания:

1. Сахарный песок на плотике

$$(M+m)g = F_{A1}$$

$$F_{A1} = \frac{2}{3}\rho_B Vg$$

$$M+m = \frac{2}{3}\rho_B V \quad (1) \quad \mathbf{3 \text{ балла}}$$

2. Сахар растворили в воде

$$Mg = F_{A2}$$

$$F_{A2} = \frac{1}{6}\rho_C Vg$$

$$M = \frac{1}{6}\rho_C V \quad (2) \quad \mathbf{3 \text{ балла}}$$

3. Плотность сахарного сиропа

$$\rho_C = (m+m_B)/V_B = m/V_B + \rho_B \quad (3) \quad \mathbf{1 \text{ балл}}$$

4. Решили систему 1,2,3 уравнений, вывели формулу для определения массы сахара (m)

$$m = (3VV_B\rho_B)/(V+6V_B)$$

$$m = 24 \text{ г}$$

Рассчитали плотность сиропа и массу плотика

$$\rho_C = 1120 \text{ кг/м}^3$$

$$M = 9,3 \text{ г} \quad \mathbf{3 \text{ балла}}$$

XXXVII Всероссийская олимпиада школьников по физике

Школьный этап

10 класс

(продолжительность олимпиады 2 часа)

Решения представлены в том формате, в котором были присланы авторами задач.

Задача 1.

Автор: Павлова Наталья Ивановна, МОУ Лицей № 142

Снаряд вылетел из орудия, расположенного на поверхности земли, со скоростью 200 м/с под некоторым углом к горизонту и находился в полете 24 с.

Какой наибольшей высоты достиг снаряд в процессе своего полета?

На каком расстоянии от орудия снаряд упал на землю?

Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с^2 .

Решение и критерии оценивания:

Время полета тела, брошенного под углом к горизонту, равно $t = 2V_{0y} / g$, где V_{0y} – проекция начальной скорости тела на вертикальную ось. (2 балла)

$V_{0y} = gt/2 = 120 \text{ м/с}$. (1 балл)

Максимальная высота подъема равна $H = V_{0y}^2 / (2g)$ (2 балла)

$H = 720 \text{ м}$. (1 балл)

По теореме Пифагора $V_{0x}^2 = V_0^2 - V_{0y}^2$, где V_{0x} – проекция начальной скорости на горизонтальную ось.

$V_{0x} = 160 \text{ м/с}$ (2 балла)

Дальность полета равна $L = V_{0x} \cdot t$ (1 балл)

$L = 3840 \text{ м}$. (1 балл)

Задача 2.

Автор: Цыганкова Екатерина Геннадьевна, МОУ СОШ № 40

При прохождении электрического тока силой 5,5 А через спираль нагревателя, изготовленную из проволоки длиной 80 м, за 10 минут выделилось количество теплоты 726 кДж.

Чему равно сопротивление спирали?

Чему равна площадь поперечного сечения проволоки, из которой изготовлена спираль?

Удельное сопротивление материала, из которого изготовлена проволока равно $0,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

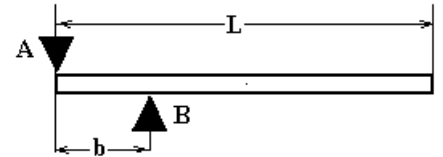
Образец возможного решения	
Дано: $l = 80 \text{ м}$ $t = 10 \text{ мин} = 600 \text{ с}$ $I = 5,5 \text{ А}$ $Q = 726 \text{ 000 Дж}$ $\rho = 0,4 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$	$Q = I^2 R t$ $R = \rho \frac{l}{S};$ $Q = \frac{I^2 \rho l t}{S};$ $S = \frac{I^2 \rho l t}{Q}$
$S = ?$	Ответ: $S = 0,8 \text{ мм}^2.$

$R = 40 \text{ Ом}$

Содержание критерия	Балл
1. Правильный перевод в систему СИ	1
2. Записаны формулы, применение которых необходимо для решения задачи: <i>Закон Джоуля -Ленца</i>	2
<i>Формула сопротивления проводника</i>	2
3. Выведена формула для определения площади поперечного сечения проводника	2
4. Проведены правильные вычисления <i>Сопротивления проводника</i>	1
<i>Площади поперечного сечения</i>	1
5. Указаны верные единицы измерения	1

Задача 3.

Автор: *Рогальский Юрий Константинович, ГОУ ВПО ЧелГУ*
 Длинная однородная балка удерживается в горизонтальном положении двумя опорами А и В (см. рис.). Опоры закреплены. Длина балки L , масса m . Опора А упирается в край балки, опора В находится на расстоянии b ($b < L/2$) от опоры А.



На какую из опор со стороны балки действует большая сила? Найдите силы реакции опор.

Решение и критерии оценивания:

Условие равновесия для сил:

$$N_b = N_a + mg, \quad 2 \text{ балла}$$

Вывод, что $N_b > N_a$ 2 балла

Условие равновесия для моментов сил (любое, например относительно оси, проходящей через точку В):

$$N_a \cdot b = mg \cdot (L/2 - b) \quad 4 \text{ балла}$$

Решение системы уравнений:

$$N_a = mg \cdot (L/2 - b)/b, \quad N_b = mgL/(2b) \quad 2 \text{ балла}$$

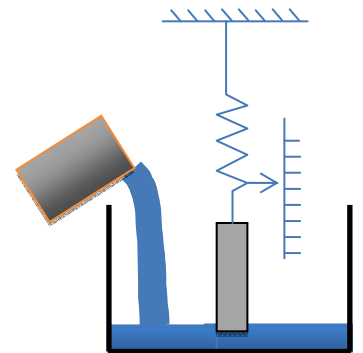
Задача 4.

Автор: *Фокин Андрей Владимирович, МОУ Лицей № 31*

Цилиндр массой 1 кг прикреплен к зафиксированному динамометру и подвешен внутри пустого сосуда.

1. На сколько растянута пружина динамометра?
2. Объясните качественно, как будут изменяться показания динамометра, если в сосуд начнут наливать воду из стакана?
3. Постройте график зависимости показаний динамометра от объема воды, налитой в сосуд. На графике укажите координаты всех характерных точек (начало, конец, точки перегиба)

Высота цилиндра 20 см, высота сосуда 30 см, площадь основания цилиндра равна 10 см^2 , площадь дна сосуда равна 200 см^2 , жесткость пружины равна 1 Н/см . Первоначально расстояние от нижнего основания цилиндра до дна сосуда составляет 5 см. Плотность воды 1000 кг/м^3 .



Решение и критерии оценивания:

1. Первоначально груз находится в равновесии, поэтому сила тяжести равна силе упругости, а значит

пружина растянута на $\Delta x = \frac{mg}{k}$. Деформация пружины равна 10 см.

2. Плотность цилиндра больше плотности воды, поэтому цилиндр в ней тонет. Следовательно, пока вода не достигнет нижнего основания цилиндра, показания динамометра не зависят от величины

налитой жидкости. По мере увеличения количества воды, показания динамометра будут убывать, т.к. на цилиндр действует сила Архимеда направленная вверх. Как только вода достигнет верхнего основания цилиндра, показания динамометра перестанут изменяться по мере дальнейшего добавления воды до края сосуда.

3. Для того чтобы на цилиндр начала действовать сила Архимеда, необходимо налить в сосуд воды, объем которой равен $V_1=200 \text{ см}^2 \cdot 5 \text{ см}=1 \text{ л}$. До этого момента динамометр показывает 10 Н. Когда

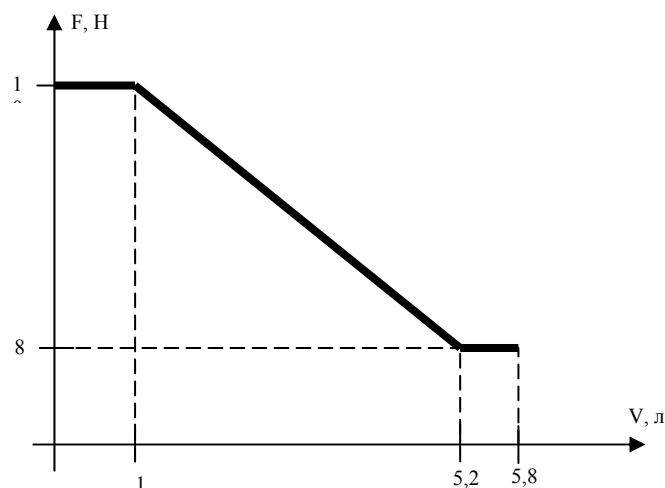
цилиндр полностью оказывается в воде растяжение пружины равно: $\Delta x' = \frac{mg - \rho g V_{\text{ц}}}{k} = 8 \text{ см}$,

соответственно показания динамометра равны 8Н. Таким образом, расстояние от нижнего основания цилиндра до дна составляет 7 см. Для этого в сосуд необходимо налить объем воды

$$V_2 = 7 \text{ см} \cdot 200 \text{ см}^2 + 20 \text{ см} \cdot (200 \text{ см}^2 - 10 \text{ см}^2) = 5,2 \text{ л}$$

При дальнейшем добавлении воды сила Архимеда не изменяется и показания динамометра равны 8 Н. Для того чтобы полностью заполнить сосуд в него необходимо залить объем воды:

$$V_3 = 5,2 \text{ л} + (30 \text{ см} - 27 \text{ см}) \cdot 200 \text{ см}^2 = 5,8 \text{ л}$$



4. Зависимость показаний динамометра от объема налитой жидкости описывается формулой:

$$F(V) = \begin{cases} 10 \text{ Н, если } V \leq 1 \text{ л} \\ -bV + c, \text{ где } b \text{ и } c - \text{некоторые коэффициенты} \\ 8 \text{ Н, если } 5,8 \text{ л} \geq V \geq 5,2 \text{ л} \end{cases}$$

Пункт	Количество баллов
1. Нахождение начальной деформации пружины (всего 1б)	1
2. Объяснение качественной зависимости (всего 3б):	
а) пока вода не доходит до нижнего основания цилиндра	1
б) появление силы Архимеда и уменьшение показаний динамометра	1
в) вода выше верхнего основания цилиндра	1
3) Построение графика (всего 6б)	
Определение характерных точек:	
а) $F=10$ Н до тех пор, пока объем воды меньше или равен 1 л	1
б) нахождение деформации пружины, когда цилиндр полностью погружен	1
в) определение объема воды в сосуде и показаний динамометра, в момент полного погружения цилиндра	1
г) нахождение полного объема воды, необходимого для заполнения сосуда	1
Построение графика с указанием соответствующих значений величин	2

XXXVII Всероссийская олимпиада школьников по физике

Школьный этап

11 класс

(продолжительность олимпиады 2,5 часа)

Решения представлены в том формате, в котором были присланы авторами задач.

Задача 1.

Автор: Чванова Виктория Валерьевна, МОУ СОШ № 30

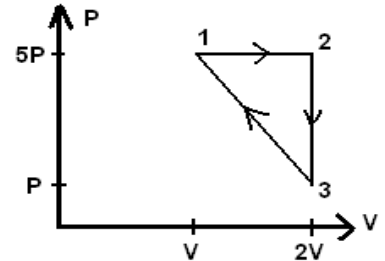
Над идеальным одноатомным газом совершается циклический процесс 1-2-3-1, показанный на PV-диаграмме.

Укажите, на каких участках к газу подводится тепло, а на каких оно отводится.

Найдите работу газа за один цикл.

Определите КПД цикла.

Все параметры, указанные на диаграмме, считайте известными.



Решение и критерии оценивания:

Рассмотрим участок 1-2.

$$A_{12} = P_1(V_2 - V_1) = 5PV \quad \Delta U_{12} = 3/2 (P_2V_2 - P_1V_1) = 15/2 PV \quad (1 \text{ балл})$$

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = 25/2 PV, \text{ тепло подводится.} \quad (1 \text{ балл})$$

Рассмотрим участок 2-3.

$$A_{23} = 0 \quad \Delta U_{23} = 3/2 (P_3V_3 - P_2V_2) = -24/2 PV \quad (1 \text{ балл})$$

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = -24/2 PV, \text{ тепло отводится.} \quad (1 \text{ балл})$$

Рассмотрим участок 3-1.

$$A_{31} = (V_1 - V_3) \cdot (P_1 + P_3)/2 = -3PV \quad \Delta U_{31} = 3/2 (P_1V_1 - P_3V_3) = 9/2 PV \quad (1 \text{ балл})$$

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = 3/2 PV, \text{ тепло подводится (***)}. \quad (1 \text{ балл})$$

Тогда все подведенное тепло равно $Q = Q_{12} + Q_{31} = 14PV$ (1 балл)

$$\text{Работа газа за цикл } A_{1231} = A_{12} + A_{23} + A_{31} = 2PV \quad (1 \text{ балл})$$

$$\eta = A_{1231} / Q = 1/7 = 14\% \quad (2 \text{ балла})$$

(***) На самом деле тепло подводится не на всем участке 3-1. Запишем тепло при малом dv для произвольной точки участка 3-1. Пусть это точка p, v . Из уравнения участка $p = 9P - 4(P/V)v$. Отсюда получим связь dp и dv . $dp = -4(P/V)dv$.

$$dQ = pdv + dU = pdv + 3/2 d(pv) = pdv + 3/2 pdv + 3/2 vdp = 5/2 pdv - 6v(P/V)dv = dv (5/2p - 6v(P/V)) = dv (5/2(9P - 4(P/V)v) - 6v(P/V)) = dv (45/2 P - 16P(v/V)) = 16PdV (1,4 - v/V).$$

Отсюда видно, что при $v=1,4V$ dQ равно 0. При $v > 1,4V$ – тепло подводится, при $v < 1,4V$ – тепло отводится.

Соответственно Подведенное тепло на участке 31 на самом деле равно

$$Q_{31} = (1,4V - V_3) \cdot (3,4P + P_3)/2 + 3/2 (3,4P \cdot 1,4V - P_3V_3) = -1,32PV + 4,14 PV = 2,82 PV.$$

Соответственно $\eta = 13\%$.

Однако для школьного тура олимпиады было достаточно привести первое решение.

Задача 2.

Автор: Лыкасова Алевтина Павловна, МОУ лицей № 11

На горизонтальном столе лежат два бруска массами $m_1 = 2$ кг и $m_2 = 5$ кг соответственно, соединенные недеформированной пружиной жесткостью $k = 10$ Н/м.

Какую наименьшую силу нужно приложить к первому бруску, что бы он сдвинулся?

На какое минимальное расстояние необходимо переместить первый брусок в направлении второго, что бы второй сдвинулся?

Какую наименьшую скорость нужно сообщить первому бруску в направлении второго, чтобы второй сдвинулся?

Коэффициенты трения брусков о плоскость $\mu_1 = 0,5$ и $\mu_2 = 0,3$ соответственно.



Задача 2.

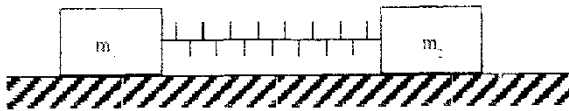
На горизонтальном столе лежат два бруска массами $m_1 = 2 \text{ кг}$ и $m_2 = 5 \text{ кг}$ соответственно, соединенные деформированной пружиной жесткостью $k = 10 \text{ Н/м}$.

Какую наименьшую силу нужно приложить к первому бруску, что бы он сдвинулся?

На какое минимальное расстояние необходимо переместить первый брусок в направлении второго, что бы второй сдвинулся?

Какую наименьшую скорость нужно сообщить первому бруску в направлении второго, чтобы второй сдвинулся?

Коэффициенты трения брусков о плоскость $\mu_1 = 0,5$ и $\mu_2 = 0,3$ соответственно.



$$m_1 = 2 \text{ кг}$$

$$m_2 = 5 \text{ кг}$$

$$k = 10 \text{ Н/м}$$

$$\mu_1 = 0,5$$

$$\mu_2 = 0,3$$

$$F_{\text{min}} = ?$$

$$S_{\text{min}} = ?$$

$$v_{\text{min}} = ?$$

Решение

1) по закону сохранения энергии $E_{\text{кп}} + \Delta W_{\text{тр}} = \Delta E_{\text{п}}$

$$\frac{m_1 v^2}{2} - \mu_1 m_1 g x = \frac{kx^2}{2} \quad (1) - 2б$$

2) чтобы второй брусок сдвинулся, необходимо выполнить условие

$$F_{\text{упр}} = F_{\text{тр}}$$

$$kx = \mu_2 m_2 g \quad (2) - 2б$$

3) Решить систему уравнений (1) и (2)

$$x = \frac{\mu_2 m_2 g}{k}$$

$$\frac{m_1 v^2}{2} = \frac{kx^2}{2} + \mu_1 m_1 g x$$

$$v^2 = \frac{k \mu_2^2 m_2^2 g^2}{2k^2 m_1} + 2 \mu_1 m_1 g \frac{\mu_2 m_2 g}{k} = 3б$$

$$= \frac{\mu_1 m_2 g^2}{k} \left(2 \mu_1 + \mu_2 \frac{m_2}{m_1} \right)$$

$$v = g \sqrt{\frac{\mu_1 m_2}{k} \left(2 \mu_1 + \mu_2 \frac{m_2}{m_1} \right)}$$

$$v \approx 5,03 \text{ м/с}$$

4) Сила $F_{\text{упр}}$ совершает работу по преодолению силы тяжести первого груза и по растягиванию пружины на величину x .

$$F_x = \mu_1 m_1 g x + \frac{k}{2} x^2 \quad \text{или} \quad F = F_{\text{упр}} + F_{\text{тяг}} \\ F_{\text{упр}} = \mu_1 m_1 g + \frac{kx}{2}$$

Сила F будет минимальной, если кин. энергия второго груза $= 0$, т.е. он остановится на месте

$$kx = \mu_2 m_2 g \Rightarrow x = \frac{\mu_2 m_2 g}{k}$$

$$F = \mu_1 m_1 g + \frac{k}{2} \frac{\mu_2 m_2 g}{k}$$

$$F = g (\mu_1 m_1 + \frac{\mu_2 m_2}{2}) \quad F = 17,5 \text{ Н.}$$

5) Найти максимальное расстояние нахождения цу, условия

$$F_{\text{упр}} = F_{\text{тяг}}$$

$$kx = \mu_2 m_2 g \quad x = S$$

$$S = \frac{\mu_2 m_2 g}{k} = 1,5 \text{ м.}$$

Разбивка

$$1) - 25$$

$$2) - 25$$

$$3) - 35$$

$$4) - 25$$

$$5) - 10$$

$$\text{итого: } 105$$

Задача 3.

Автор: Демина Светлана Борисовна, МОУ лицей № 97

Электрон влетает в однородное электромагнитное поле со скоростью v , направленной под углом α к оси OX . (проекция v на OX положительная). Вектора напряженности электрического поля E и индукции магнитного поля B сонаправлены с осью OX . Заряд электрона e .

Через какое время после попадания в электромагнитное поле проекция скорости электрона на ось OX станет нулевой?

Сколько полных оборотов сделает электрон к этому моменту времени?

Решение и критерии оценивания

На электрон будут действовать силы со стороны электрического и магнитного полей.

Со стороны электрического поля на электрон будет действовать сила, равная по модулю eE и направленная против оси OX (так как заряд электрона отрицателен). (1 балл)

Со стороны магнитного поля будет действовать сила Лоренца равная $eVB\sin\alpha$ и направленная всегда перпендикулярно оси OX . (1 балл)

Соответственно, ускорение вдоль оси OX будет создавать только сила, действующая со стороны электрического поля. $a_x = eE/m$, где m – масса электрона. (1 балл)

Время, через которое проекция скорости электрона на ось X станет равной нулю, будет равно $t = mv\cos\alpha / (eE)$. (2 балла)

Найдем угловую скорость $\omega = v/R$ с которой электрон будет вращаться под действием силы Лоренца.

Сила Лоренца создает центростремительное ускорение, равное $\omega v \sin\alpha$. (1 балл)

По второму закону Ньютона: $eVB\sin\alpha = m\omega v \sin\alpha$ (2 балла)

$\omega = eB/m$, тогда период обращения равен $T = 2\pi/\omega = 2\pi m / (eB)$. (1 балл)

И электрон успеет совершить $t/T = v\cos\alpha B / (2\pi eE)$ оборотов. (1 балл)

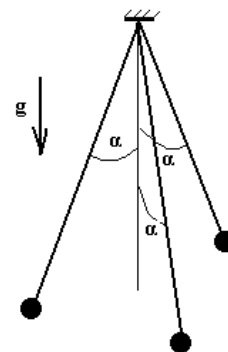
Задача 4.

Автор: Рогальский Юрий Константинович, ГОУ ВПО ЧелГУ

Три одинаковых шарика подвешены на трех одинаковых нитях в одной точке (см. рис.). Шарик одинаково зарядили, из-за чего нити «разошлись» так, что каждая из них составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с вертикалью. Длина нитей L , масса шариков m , ускорение свободного падения g .

Определите создаваемую зарядами шариков напряженность электрического поля в центре образованного шариками треугольника.

Определите величину заряда шариков.



Решение и критерии оценивания:

Вывод о том, что напряженность в центре треугольника равна нулю можно сделать из симметрии распределения зарядов (можно и вычислять) 3 балла

Для определения величины заряда запишем закон Кулона:

$$F_{13} = F_{23} = (4\pi\epsilon_0)^{-1} \cdot q^2 / r^2, \quad 1 \text{ балл}$$

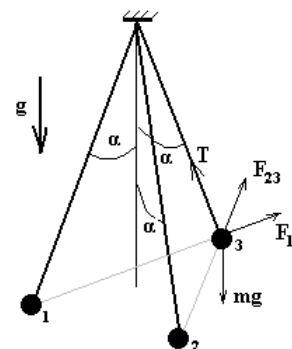
где r – расстояние между шариками –

$$r = 2L\sin\alpha \cdot \cos 30^\circ = 3^{1/2}L/2. \quad 1 \text{ балл}$$

и условие равновесия шариков:

1) в проекции на вертикальную ось –
 $T \cdot \cos\alpha = mg \quad 2 \text{ балла}$

2) в проекции на ось, проходящую через третий шарик и центр треугольника –
 $T \cdot \sin\alpha = F_{23} \cdot \sin 30^\circ + F_{13} \cdot \sin 30^\circ. \quad 2 \text{ балла}$



Решение системы уравнений и ответ

$$q = (\pi\epsilon_0 mgL^2)^{1/2}. \quad 1 \text{ балл}$$