Министерство образования Пермского края

Физика

Задания муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников в Пермском крае

2013/2014 учебный год

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРОВЕДЕНИЮ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА
ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ
2013/2014 учебного года

1. Во II (муниципальном) этапе региональной олимпиады школьников по физике участвуют учащиеся 4-х групп: 8 классы, 9 классы, 10 классы и 11 классы образовательных учреждений.
2. Задания муниципального этапа выполняются учащимися 8 классов **2 часа 30 минут**.
3. Задания муниципального этапа выполняются учащимися 9-11 классов **3 часа 30 минут**
4. Задания II (муниципального) этапа олимпиады включают 4 задачи для 8 класса и по 5 задач для учащимися 9-10-11 классов. Каждая задача оценивается в 10 баллов.

Таким образом, **максимальное количество баллов – 40** у 8 класса,

и максимальное количество баллов – 50 у 9 - 10 -11 классов.

Условия задач

8 класс

Задача 1. Движение лодки.

Моторная лодка плывет из пункта А в пункт В, находящийся вниз по течению реки, и сразу возвращается обратно. Скорость реки равна u. Скорость лодки в неподвижной воде – v. Какова средняя скорость лодки на всем пути? **(10 баллов)**

Задача 2. Ртуть, масло и вода

В U–образную трубку налили ртуть. Затем в правое колено добавили масло, а в левое - воду. В результате оказалось, что верхние уровни воды и масла совпадают, а нижние - отличаются на ΔH =5 мм. Какой столб выше: воды или масла? Вычислите высоту столба масла. Плотность ртути $\rho_{рт}$ =13600 кг/м^3 , плотность масла $\rho_м$=900 кг/м^3, плотность воды $\rho_в$ =1000 кг/м^3. **(10 баллов)**

Задача 3. Испарение воды.

В калориметр, содержащий V = 2,8 л воды при t_1 = 20°С, помещают стальной брусок массой m_2 = 3 кг и температурой t_2 = 460°С. Вода нагревается до θ = 60°С и часть ее обращается в пар. Найти массу Δm воды, обратившейся в пар. Удельная теплоемкость воды и стали: c_1 = 4,2 кДж/кг·К, c_2 = 0,46 кДж/кг·К, удельная теплота парообразования воды r = 2,25 МДж/кг. **(10 баллов)**

Задача 4. Линейка на столе.

Линейку, длина которой ℓ=70 см, кладут на край стола (перпендикулярно краю) так, что за край выступает ℓ_1=20см. На конец линейки, лежащий на столе, ставят гирьку m = 25 г. Какой максимальной массы m_x гирьку можно поставить на выступающий конец линейки, чтобы система находилась в равновесии? Масса линейки M=50г. **(10 баллов)**

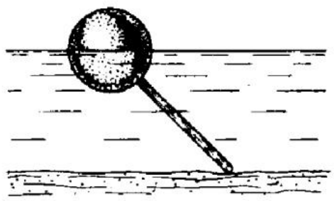
9 класс

Задача 1. Вагоны электрички.

Стоявший у начала третьего вагона электрички пассажир определил, что начавший двигаться равноускоренно вагон прошел мимо него за t_1 = 5 с, а часть электрички, начиная с третьего вагона, - за t_2 = 15,8 с. Найти число вагонов N в электричке и время Δt, за которое прошел мимо пассажира последний вагон. **(10 баллов)**

Задача 2. Тяжелая палочка.

С какой силой давит тяжелая палочка на дно водоема, если жестко связанный с палочкой пустотелый шарик радиуса r погрузился в жидкость наполовину? Плотность жидкости ρ, длина палочки ℓ.



($V_{шара} = \frac{4}{3}\pi r^3$) **(10 баллов)**

Задача 3. Проволочный квадрат.

Из однородной проволоки изготовлен квадрат с одной диагональю, вершинами которой он включен в цепь. Общее сопротивление этого участка цепи R = 1,4 Ом. Найти сопротивление r стороны квадрата. **(10 баллов)**

Задача 4. Испарение воды.

В калориметр, содержащий V = 2,8 л воды при t_1 = 20°С, помещают стальной брусок массой m_2 = 3 кг и температурой t_2 = 460°С. Вода нагревается до θ = 60°С и часть ее обращается в пар. Найти массу Δm воды, обратившейся в пар. Удельная теплоемкость воды и стали: c_1 = 4,2 кДж/кг·К, c_2 = 0,46 кДж/кг·К, удельная теплота парообразования воды r = 2,25 МДж/кг. **(10 баллов)**

Задача 5. Увеличение линзы.

Найти фокусное расстояние F линзы и расстояния a между предметом и линзой, если на расстоянии L = 6 см от предмета до экрана его увеличение Γ = 5.
(10 баллов)

10 класс

Задача 1. Движение по окружности

Тело движется по окружности, длина которой L = 100 м. В начальный момент времени оно находилось в некоторой точке О. Далее скорость точки меняется по закону $v = 2(5 - t)$ м/с. Определите через какой промежуток времени тело снова окажется в точке О а)в первый раз после начала движения, б) сделав n оборотов. **(10 баллов)**

Задача 2. Лед и вода

В теплоизолированный цилиндрический сосуд поместили кусок льда массой M при t = 0°C и прочно прикрепили ко дну. Затем залили этот лёд водой такой же массой M. Вода полностью покрыла лёд и достигла уровня H = 20 см. Определите, какова была температура воды, если после установления теплового равновесия уровень воды в сосуде опустился на h = 0,4 см. Плотности льда и воды равны 920 и 1000 кг/м^3 соответственно. Удельная теплота плавления льда λ = 330 кДж/кг, удельная теплоемкость воды C = 4200 Дж/кг·К. **(10 баллов)**

Задача 3. Электрическая цепь

В электрической цепи, изображенной на рис.1, U = 4,2 В, R_1 = 5 кОм, R_2 = R_3 = 4 кОм, R_4 = 6 кОм. Найдите силу тока I_{A1}, текущего через амперметр при разомкнутом ключе K, и I_{A2}, при замкнутом ключе К. Амперметр считайте идеальным. **(10 баллов)**

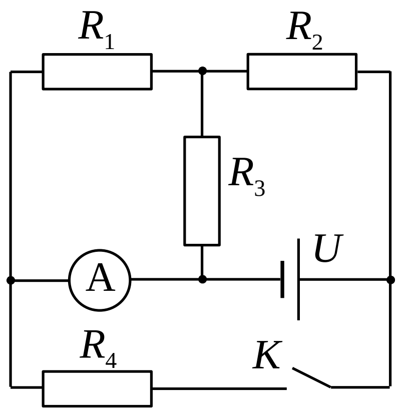


Рис. 1

Задача 4. Два бруска

В системе, показанной на рис.2, масса каждого бруска m = 1 кг, жесткость пружины k = 20 Н/м, коэффициент трения между бруском и плоскостью μ = 0,4. Массы блока и пружины пренебрежимо малы. Система пришла в движение с нулевой начальной скоростью при недеформированной пружине. Найдите максимальную скорость брусков. При вычислениях принять ускорение свободного падения g = 10 м/с^2. **(10 баллов)**

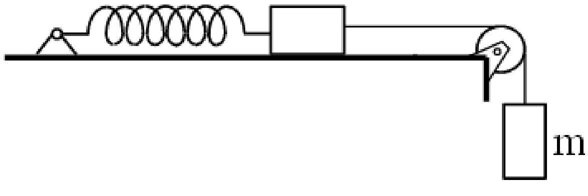


Рис. 2

Задача 5. Клин и два тела

На вершине клина массой M с высотой h и углами α и β при основании удерживаются два небольших тела одинаковой массой m (см. рис.3). Клин стоит на гладкой горизонтальной плоскости. После освобождения тела соскальзывают с клина в разные стороны и застревают внизу в специальных улавливателях, установленных в конце каждой из наклонных плоскостей клина. В каком направлении и на какое расстояние сдвинется клин после соскальзывания тел? **(10 баллов)**

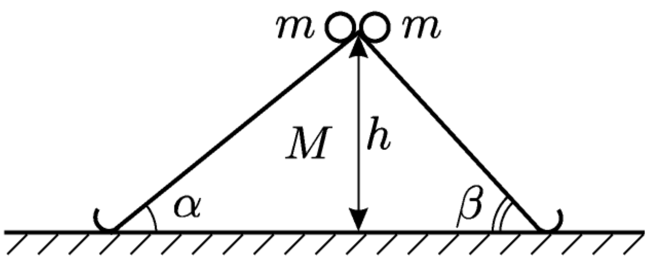


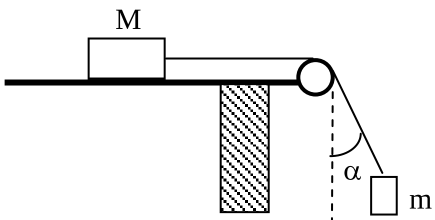
Рис. 3

11 класс

Задача 1. Движение по окружности

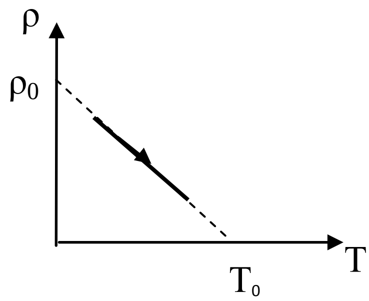
Тело движется по окружности радиуса R = 10 м. В начальный момент времени оно находилось в некоторой точке О. Далее скорость точки меняется по закону $\upsilon = (18t - 9t^2 + t^3)$ м/с. Определите через какой промежуток времени тело снова окажется в точке О. **(10 баллов)**

Задача 2. Система на столе.



На краю стола укреплен блок, через который перекинута невесомая нерастяжимая нить. Нить связывает два груза (см. рис.) массами m и M=4m. Коэффициент трения между столом и грузом M равен μ = 0.5. Груз m отводят в сторону и отпускают без толчка. На какой минимальный угол α от вертикали надо отвести груз m, чтобы при его движении груз M сдвинулся с места? **(10 баллов)**

Задача 3. Процесс с идеальным газом.

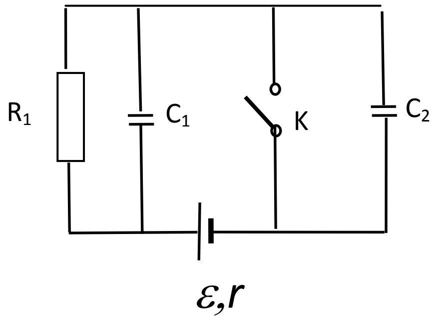


Над идеальным газом, проводят процесс, при котором плотность газа линейно убывает с температурой (см. рис.). Молярная масса газа – μ. Каково максимальное давление газа в этом процессе. **(10 баллов)**

Задача 4. Озон

В закрытом теплоизолированном сосуде находится озон (O_3) при температуре t_1 = 527°С. Через некоторое время озон полностью превращается в кислород (O_2). Определите, во сколько раз возрастет при этом давление в сосуде, если на образование одного моля озона из кислорода нужно затратить q = 141кДж. Теплоемкость одного моля кислорода при постоянном объеме считать равной C_v = 21 Дж/К моль. **(10 баллов)**

Задача 5 Выделение тепла в цепи.



В схеме (см. рисунок) первоначально ключ К в течение большого промежутка времени замкнут. Какое количество тепла выделится в цепи после размыкания ключа К? Электроемкости конденсаторов – C_1и C_2. Сопротивление резистора R. ЭДС источника равна ε. Внутреннее сопротивление источника r, сопротивление соединительных проводов равно нулю. **(10 баллов)**

Возможные решения задач

Возможные решения задач
8 класс

Задача 1. Движение лодки.

1. По определению средняя скорость - это отношение пройденного пути S к полному времени движения t

$$v_{\text{сред}} = \frac{S}{t}.$$

2. Для первой половины пути:

$$\frac{S}{2} = (v+u)t_1.$$

3. Для второй половины:

$$\frac{S}{2} = (v-u)t_2.$$

4. Очевидно, $t = t_1 + t_2$
5. Тогда

$$v_{\text{сред}} = \frac{S}{\frac{S}{2(v+u)} + \frac{S}{2(v-u)}} = \frac{v^2 - u^2}{v}.$$

Критерии оценивания решения:
Определение средней скорости – 1 балл.
Описание первой половины пути – 3 балла.
Описание второй половины пути – 3 балла.
Получение окончательного ответа – 3 балла.

Задача 2. Ртуть, масло и вода

Пусть $h_{\text{м}}$ и $h_{\text{в}}$ высоты столбов масла и воды соответственно, а h_0 — высота жидкостей в одном из колен.
Давление на дне трубки в обоих коленах одинаково:
$$\rho_M g h_M + \rho_{PT} g(h_0 - h_M) = \rho_B g h_B + \rho_{PT} g(h_0 - h_B)$$
Отсюда получаем,
$$(\rho_B - \rho_M) h_M = (\rho_{PT} - \rho_B)(h_B - h_M)$$
Так как $\rho_{М,} < \rho_{В,} < \rho_{РТ}$, то $\Delta H = (h_В - h_М) > 0$, поэтому:
$$h_M = \frac{(\rho_{PT} - \rho_B)}{(\rho_B - \rho_M)} \Delta H = 60{,}3\text{см}$$
Критерии оценивания решения:
Приведено выражение для давления в левом колене 3

Приведено выражение для давления в правом колене	3
Определено, что масла налито меньше	2
Найдена высота	2

Получение числового ответа – 1 балл.

Задача 3. Испарение воды.

Запишем уравнение теплового баланса :

$$Q_1=Q_2+Q_3+Q_4, \qquad (1)$$

где Q_1- количество теплоты, отданное бруском воде; Q_2 – количество теплоты, требуемое для нагрева части воды; Q_3 – количество теплоты, требуемое для нагрева испаряемой части воды до температуры кипения; Q_4 - количество теплоты, требуемое на испарение этой части воды.

$$Q_1 = c_2 m_2 (t_2 - \theta)$$

$$Q_2 = c_1 (m_1 - \Delta m)(\theta - t_1)$$

$$Q_3 = c_1 \Delta m (t_к - t_1)$$

где t_k температура кипения воды,

$$Q_4 = r\Delta m$$

Учитывая, что $m_1=\rho V$ где ρ плотность воды, получим из (1)

$$\Delta m = \frac{c_2 m_2 (t_2 - \theta) - c_1 \rho V (\theta - t_1)}{r + c_1 (t_к - \theta)} \qquad (2)$$

$$\Delta m = 33.7 \text{ г}$$

Критерии оценивания решения:

Записано уравнение теплового баланса -	2 балла;
За каждое правильно написанное количество теплоты - по 1 баллу	
Выведена формула (2) -	3 балла;
Вычислен окончательный ответ -	1 балл.

Задача 4. Линейка на столе.

Условие равновесия линейки с грузами (относительно края стола):

$$Mg(\ell/2- \ell_1) + mg(\ell- \ell_1) = m_x g\ell_1$$

Отсюда:

$$m_x=(M(\ell/2- \ell_1) + m(\ell- \ell_1))/\ell_1$$

$$m_x=100\text{г}.$$

Критерии оценивания решения:

Записано условие равновесия -	6 баллов;
Вывод выражения m_x -	2 балла;
Вычислен ответ -	2 балла.

Возможные решения задач
9 класс.

Задача 1. Вагоны электрички.

Длина одного вагона $S_1 = \frac{at_1^2}{2}$, (1 балл)

Длина оставшейся части электрички $S_{N-2} = \frac{at_2^2}{2}$, (1 балл)

Тогда $N - 2 = \frac{S_{N-2}}{S_1} = \frac{t_2^2}{t_1^2}$, (2 балла)

$N = \frac{t_2^2}{t_1^2} + 2 = 12$ вагонов. (1 балл)

$\Delta t = t_2 - t_{N-3}$ (2 балла)

Расстояние, которое прошел предпоследний вагон

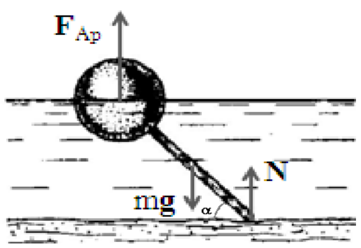
$S_{N-3} = (N-3)S_1 = (N-3)\frac{at_1^2}{2} = \frac{at_{N-3}^2}{2}$,

отсюда $t_{N-3}^2 = (N-3)t_1^2$ (2 балла)

Окончательно получим $\Delta t = t_2 - \sqrt{N-3}\, t_1 = 0.8$ с . (1 балл)

Ответ: 12 вагонов; 0.8 с.

Задача 2. Тяжелая палочка.



Укажем на рисунке все силы, действующие на палочку:
$\mathbf{F}_{Ap}$ – сила Архимеда, приложена к центру шара;
m**g** – сила тяжести, приложена к центру тяжелой палочки;
N – сила реакции опоры.
Все силы параллельны одной прямой, поэтому

$F_{Ap} + N - mg = 0.$ (2 балла)

Отсюда, $N = mg - F_{Ap}$ (1 балл)

Так как палочка находится в равновесии, найдем сумму моментов сил, относительно точки приложения силы N

$mg0.5l\cos\alpha - F_{Ap}(r+l)\cos\alpha = 0,$ (4 балла)

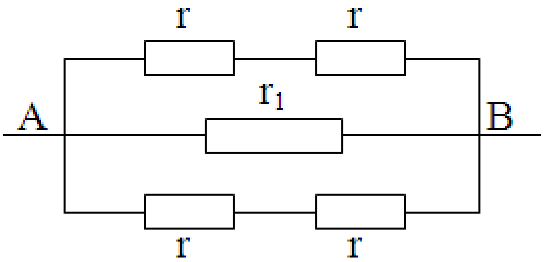
где α – угол между палочкой и поверхностью, на которую она давит.
Отсюда, $mg = 2F_{Ap}(1+r/l)$,

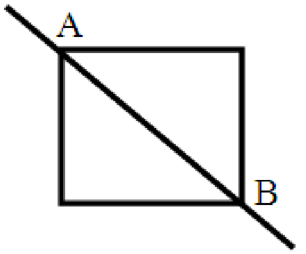
тогда $N=2F_{Ар}(1+r/l) - F_{Ар} = F_{Ар}(1+2r/l)=\frac{1}{2}V\text{ш}\rho g(1+2r/l) =$

$$= 2\pi r^3\rho g(1+2r/l)\ /3 \qquad \text{(3 балла)}$$

Ответ: $N = 2\pi r^3\rho g(1+2r/l)\ /3$

Задача 3. Проволочный квадрат.





Перерисуем схему, учитывая сопротивление каждого участка, где **r** сопротивление стороны квадрата, $\mathbf{r_1}$ – сопротивление диагонали квадрата. Сопротивление участка AB можно найти из выражения для параллельного соединения

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r+r} + \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r+r} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r_1} \quad \text{(5 баллов)}$$

Сопротивление каждого отдельного участка пропорционально его длине, диагональ равна $d = \sqrt{2}l$, где l длина стороны квадрата, поэтому

$$r_1 = \sqrt{2}r, \qquad \text{(3 балла)}$$

отсюда

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r} + \frac{1}{\sqrt{2}r} = \frac{1}{r}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = \frac{1}{r}\frac{(1+\sqrt{2})}{\sqrt{2}}$$

Окончательно получим

$$r = \frac{(1+\sqrt{2})}{\sqrt{2}}R = 2.4\ \text{Ом} \qquad \text{(2 балла)}$$

Ответ: 2.4 Ом.

Задача 4. Испарение воды.

Запишем уравнение баланса тепла

$$Q_1=Q_2+Q_3+Q_4, \qquad \text{(3 балла)}$$

где Q_1- количество теплоты, отданное бруском воде; Q_2 – количество теплоты, требуемое для нагрева части воды; Q_3 – количество теплоты, требуемое для нагрева испаряемой части воды до температуры кипения; Q_4 - количество теплоты, требуемое на испарение этой части воды.

$$Q_1 = c_2m_2(t_2-\theta), \qquad \text{(1 балл)}$$

$$Q_2 = c_1(m_1-\Delta m)(\theta - t_1), \quad \text{(1 балл)}$$

$$Q_3 = c_1\Delta m(t_k - t_1), \qquad \text{(1 балл)}$$

где t_k температура кипения воды,

$$Q_4 = r\Delta m, \qquad \text{(1 балл)}$$

Учитывая, что $m_1 = \rho V$, где ρ плотность воды, получим

$$c_2m_2(t_2-\theta) = c_1(m_1-\Delta m)(\theta - t_1) + c_1\Delta m(t_k - t_1) + r\Delta m,$$

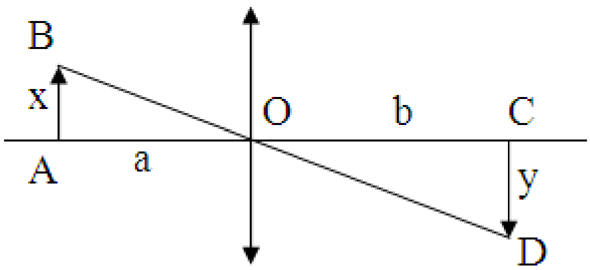
$c_2m_2(t_2-\theta)-c_1m_1(\theta-t_1)=\Delta m(r+c_1(t_k-t_1-\theta+t_1),$
Окончательно получим

$$\Delta m=\frac{c_2m_2(t_2-\theta)-c_1\rho V(\theta-t_1)}{r+c_1(t_k-\theta)},\quad \text{(2 балла)}$$

$$\Delta m=33.7\text{ г}\qquad\text{(1 балл)}$$

Ответ: 33.7 г

Задача 5. Увеличение линзы.



Рассмотрим построение в линзе (собирающей, т.к. рассеивающая линза всегда дает уменьшенное изображение).

$$\Gamma=\frac{y}{x}$$

Из подобия треугольников ABO и CDO

$$\frac{b}{a}=\frac{y}{x},\text{ отсюда } b=\Gamma a\qquad\text{(2 балла)}$$

Согласно условию задачи,

$$L=a+b=a+\Gamma a=a(\Gamma+1)\qquad\text{(1 балл)}$$

Отсюда

$$\text{a}=\frac{L}{\Gamma+1}=6\text{ см}\qquad\text{(2 балла)}$$

Согласно формуле тонкой линзы $\frac{1}{F}=\frac{1}{a}+\frac{1}{b}$ (2 балла)
поэтому

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{a}+\frac{1}{\Gamma a}=\frac{1}{a}\frac{(\Gamma+1)}{\Gamma}=\frac{(\Gamma+1)}{L}\frac{(\Gamma+1)}{\Gamma}=\frac{(\Gamma+1)^2}{L\Gamma},\ \text{(2 балла)}$$

Окончательно получим,

$$F=\frac{L\Gamma}{(\Gamma+1)^2}=\frac{5}{6}\text{ см}\qquad\text{(1 балл)}$$

Ответ: F=5/6 см, a=1см.

10 класс

Задача 1. Движение по окружности

Анализ зависимости $v = f(t)$ (либо по формулам, либо по графику скорости) показывает, что тело вначале движется по окружности в одном направлении, затем оно останавливается и начинает двигаться в противоположном направлении. Так как до остановки (за t_1=5 с.) тело не успевает сделать полный оборот и промежутки времени t_1 и t_2,(время возврата- от остановки до первоначального положения) равны, в точке О тело снова окажется через 10 со скоростью равной по величине первоначальной..

Затем тело движется равноускоренно с начальной скоростью v_0=10м/с и ускорением а=2м/с^2 , по закону:

$$x = v_0 t + \frac{at^2}{2} = nL\,.$$

Откуда $t_n = \frac{1}{a}\left(v_0 + \sqrt{v_0^{\,2} + 2anL}\,\right) = 5\left(1 + \sqrt{4n+1}\right)$ с.

Или с учетом первоначального движения с возвратом:

$$T_n = \left(5\left(1 + \sqrt{4n+1}\right) + 10 \right)\text{с.}$$

Критерии оценивания решения:

Вывод о том, что тело будет менять направление своего движения – 2 балла.
Определение момента времени, когда скорость становится равной нулю – 1балл.
Пояснение того, что до остановки тело не успевает сделать полный оборот, промежутки времени t_1 и t_2 равны и скорость тела при прохождении О будет равна по величине начальной – 3 балла.
Указание момента времени, когда тело снова окажется в точке О – 1 балл.
Закон ускоренного движения – 1 балл
Определение момента времени t_n - 1 балл
Определение промежутка времени T_n – 1 балл.

Задача 2. Лед и вода

Суммарный объем льда и воды в цилиндрическом сосуде вначале:

$$V_0 = V_{0Л} + V_{0В} = \frac{M}{\rho_Л} + \frac{M}{\rho_В} = HS\,, \qquad (1)$$

где S – площадь дна сосуда.

Суммарный объем льда и воды в цилиндрическом сосуде после установления термодинамического равновесия:

$$V_1 = V_{1Л} + V_{1В} = \frac{(M-m)}{\rho_Л} + \frac{(M+m)}{\rho_В} = (H-h)S\,, \qquad (2)$$

где m – масса растаявшего льда.

Из (1) и (2) получим выражение для массы растаявшего льда:

$$\frac{(\rho_В + \rho_Л)M - (\rho_В - \rho_Л)m}{(\rho_В + \rho_Л)M} = \frac{H-h}{H},$$

$$m = \frac{(\rho_В + \rho_Л)h}{(\rho_В - \rho_Л)H} M = 0,48M. \qquad (3)$$

Так как $m < M$, в нашем случае не весь лед растаял. Следовательно, в сосуде установилась конечная температура 0°С.

Уравнение теплового баланса: $m\lambda = MCt_x$. (4)

Из (4) с учетом (3) получим начальную температуру воды:

$$t_x = \frac{\lambda h(\rho_В + \rho_Л)}{CH(\rho_В - \rho_Л)} \approx 37,7^\circ C\,.$$

Критерии оценивания решения:

Суммарный объем льда и воды в цилиндрическом сосуде вначале – 2 балла.
Суммарный объем льда и воды в цилиндрическом сосуде после установления термодинамического равновесия – 2 балла.
Определение массы растаявшего льда – 2 балла.
Уравнение теплового баланса – 2 балла.
Определение начальной температуры воды – 2 балла.

Задача 3. Электрическая цепь

Амперметр идеален, поэтому резисторы R_1 и R_3 параллельны. Их эквивалентное сопротивление: $R_Э = \dfrac{R_1R_3}{R_1 + R_3}$.

Тогда полное сопротивление: $R = R_2 + \dfrac{R_1R_3}{R_1 + R_3}$.

При разомкнутом ключе сила тока, текущего через амперметр, равна силе тока, текущего через резистор R_1. Так как R_1 и R_3 параллельны, то силы тока в них обратно пропорциональны значениям сопротивлений. Тогда получим:

$$I_{A1} = \frac{U}{R_2 + R_Э} \cdot \frac{R_3}{R_1 + R_3} = \frac{R_3U}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3} = 0,3 \text{ мА.}$$

При замкнутом ключе резистор R_4 параллелен всей остальной схеме (схеме, рассматривавшейся в первом пункте), тогда:

$I_{A2} = I_{A1} + \dfrac{U}{R_4} = 1$ мА, так как ток, текущий через амперметр, теперь складывается из токов, текущих по резисторам R_1 и R_4.

Критерии оценивания решения:

Подмечено, что при идеальном амперметре сопротивления R_1 и R_3 включены в цепь параллельно – 2 балла.
Найдено полное сопротивление цепи в первом случае – 2 балла.
Определена сила тока, текущего через батарею в первом случае – 2 балла.
Найдена сила тока I_{A1} – 2 балла.
Найдена сила тока I_{A2} – 2 балла.

Задача 4. Два бруска

При опускании груза m, его скорость достигает максимального значения в момент, когда сила тяжести равна сумме сил упругости и трения, т.е.

$mg = kx + \mu mg$, следовательно,

$$x = \frac{mg(1-\mu)}{k}. \qquad (1)$$

Используя закон сохранения энергии, запишем:

$$2\frac{m\upsilon^2}{2} + \frac{kx^2}{2} + \mu mgx = mgx, \text{ следовательно}$$

$$\upsilon = \sqrt{gx(1-\mu) - \frac{kx^2}{2m}}.$$

Подставляя в последнее равенство x из (1), получим

$$\upsilon = \sqrt{g^2 m\frac{(1-\mu)^2}{k} - \frac{km^2g^2(1-\mu)^2}{2mk^2}} = g(1-\mu)\sqrt{\frac{m}{2k}} = 0{,}95 \text{ м/с}^2.$$

Критерии оценивания решения:

Получено выражение (1) – 3 балла.
Записан закон сохранения энергии – 3 балла.
Получена формула для определения скорости – 2 балла.
Определена максимальная скорость брусков – 2 балла.

Задача 5. Клин и два тела

Поместим начало системы координат в левый угол клина и направим ось X вправо по горизонтали. Пусть x_1 и x_2 – координаты верхушки клина до и после соскальзывания грузов, а x_0 – расстояние по оси X от верхушки до центра масс клина. При соскальзывании грузов координата центра масс всей системы X_C остается неизменной:

$$(M + 2m)X_C = const. \qquad (1)$$

Координаты центра масс системы в начальный момент:

$$(M + 2m)X_C = M(x_1 + x_0) + 2mx_1. \qquad (2)$$

Координаты центра масс системы после соскальзывания тел:

$$(M+2m)X_C = M(x_2+x_0)+m(x_2-hctg\alpha)+m(x_2+hctg\beta). \qquad (3)$$

Из (2) и (3) получаем смещение клина:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = \frac{m}{M+2m}(ctg\alpha - ctg\beta)h.$$

Заметим, что при $\alpha < \beta$ клин смещается вправо.

Критерии оценивания решения:

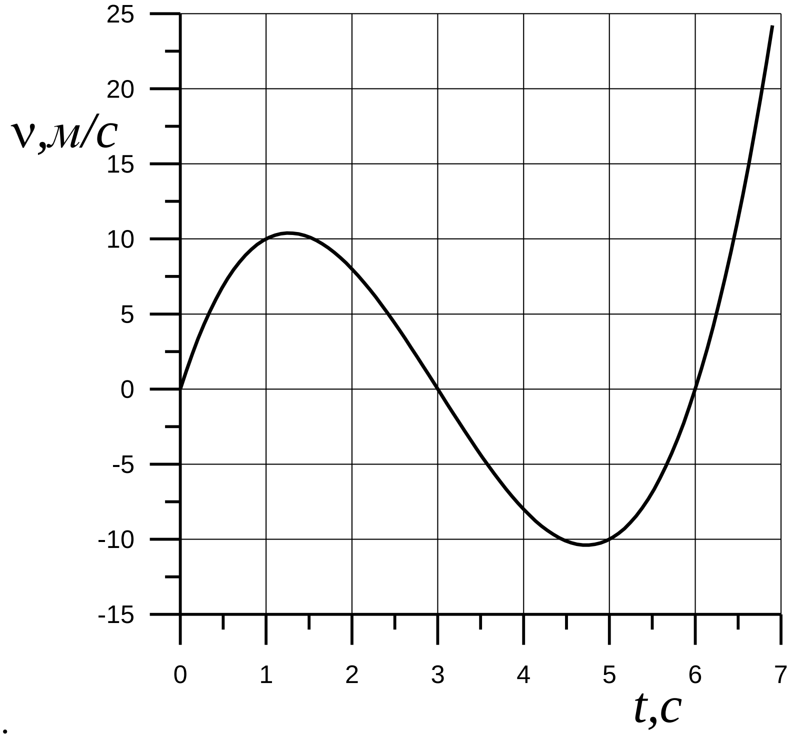
Вывод о неизменности координаты центра масс – 2 балла.
Координаты центра масс системы в начальный момент – 2 балла.
Координаты центра масс системы после соскальзывания тел – 2 балла.
Определение смещения клина Δx – 2 балла.
Определение направления смещения– 2 балла.

Возможные решения задач

11 класс

Задача 1. Движение по окружности

Анализ зависимости $\upsilon = f(t)$ показывает, что тело вначале движется по окружности в одном направлении, затем оно останавливается и начинает двигаться в противоположном направлении. Далее еще раз происходит смена направления



движения.

Решив кубическое уравнение, легко определить те моменты времени, когда скорость движения становится равной нулю. Это происходит, не считая начальный момент времени $t_1 = 0$ с, в моменты времени $t_2 = 3$ с и $t_3 = 6$ с.

До первой остановки тело не успевает сделать полный оборот. Оценим скорости (м/с) $v(1) = 10$, $v(1.5) = 10.125$; $v(2) = 8$. Если бы тедо все время до остановки двигалось бы со скоростью 10м/с, то оно прошло бы за три секунды расстояние меньше половины длины окружности.

Пути проходимые телом за промежутки времени $t_2 - t_1$ и $t_3 - t_2$ равны. Пути численно равны площадям под графиком скорости. Кривая зависимости скорости от времени антисимметрична относительно точки t,=3. На самом деле, при переносе начала координат в эту точку (заменив t на t-3) получим $v(t) = t\,(t^2 - 9)$, т.е. $v(t) = -v(-t)$. Значит, пути проходимые телом в прямом и обратном направлении одинаковы. Следовательно в точке О тело снова окажется через 6 с.

Критерии оценивания решения:

Вывод о том, что тело будет менять направление своего движения – 3 балла.

Определение моментов времени, когда скорость становится равной нулю – 2 балла.
Пояснение того, что до первой остановки тело не успевает сделать полный оборот и пути проходимые телом за промежутки времени $t_2 - t_1$ и $t_3 - t_2$ равны – 3 балла.
Указание момента времени, когда тело снова окажется в точке О – 2 балла.

Задача 2. Система на столе.

Пусть длина, свешивающейся части нити - ℓ.

1. Чтобы груз М сдвинулся с места, сила натяжения нити T= μMg.
2. Максимальная сила натяжения возникнет при прохождении m положения равновесия.
3. Из второго закона Ньютона следует: $T = mg + mv^2/\ell$.
4. По закону сохранения энергии : $mv^2/2 = mgh = mg\,\ell(1-\cos\alpha)$
5. Тогда условие сдвига дает: $m(3-2\cos\alpha) = \mu M$.
6. Откуда $\cos\alpha = (3- \mu M/m)/2 = 0.5$
7. $\alpha = 60^0$.

Критерии оценивания решения:

Выведено условие сдвига -	1 балл
Пункт 2 (объяснение)	1 балл
Найдена сила натяжения из второго закона Ньютона	2 балла
Записан закон сохранения энергии –	2 балла.
Получено выражение для cosα (пп.5,6)	3 балла
Получение окончательного ответа –	1 балл.

Задача 3. Процесс с идеальным газом.

1. Уравнение процесса: $\rho = \rho_0(1 - T/T_0)$.
2. Из уравнения Менделеева-Клапейрона : $P = (\rho_0 R/\mu)(T - T^2/T_0)$
3. Температура соответствующая максимальному давлению: $T = T_0/2$
4. Максимальное давление - $P_{max} = \rho_0 R\, T_0/4\mu$.

Критерии оценивания решения:

Уравнение процесса –	3 балла.
Зависимость давления от температуры –	4 балла.
Найдена температура при максимальном давлении –	2 балла.
Найдено максимальное давление –	1 балл.

Задача 4. Озон

Задача 4.

1. Запишем уравнения состояния для начального и конечного состояний газа
$$p_1 V = \frac{m}{\mu_1} R T_1, \quad p_2 V = \frac{m}{\mu_2} R T_2 .$$
2. Молярные массы связаны соотношением: $\mu_2 = \frac{2}{3}\mu_1$.

3. Количество тепла, которое выделится при превращении озона в кислород, будет равно:

   $Q = \frac{m}{\mu_1} q$.

4. Согласно первому началу термодинамики это приведет к повышению температуры газа:

   $T_2 = T_1 + \frac{mq/\mu_1}{C_v m/\mu_2} = T_1 + \frac{q\mu_2}{C_v \mu_1}$

5. Отношение давлений будет равно

   $\frac{p_2}{p_1} = \frac{\mu_1 T_2}{\mu_2 T_1} = \frac{\mu_1}{\mu_2} + \frac{q}{C_v T_1} \approx 10$.

Критерии оценивания решения:

Пункт 1 – 2 балла.
Пункт 2 – 1 балл.
Пункт 3– 2 балла.
Пункт 4– 3 балла.
Пункт 5 - 2 балла

Задача 5 Выделение тепла в цепи.

1. При замкнутом ключе C_2 закорочен; напряжение на C_1равно напряжению на резисторе R и по закону Ома: $U_{c1} = U_R = \frac{\varepsilon R}{R+r}$
2. Заряд на C_1 : $q_1 = C_1 U_{c1} = \frac{C_1 \varepsilon R}{R+r}$
3. Энергия заряженного конденсатора C_1: $W_1 = \frac{1}{2} C_1 U_{c1}^2 = \frac{C_1 \varepsilon^2 R^2}{(R+r)^2}$

   После размыкания ключа К:
4. C_1 разрядится через резистор: $q_{1кон}=0$; $W_{1кон}=0$
5. Напряжение на C_2 равно ЭДС; заряд $q_2=C_2\varepsilon$; $W_2 = \frac{1}{2} C_2 \varepsilon^2$
6. Через ЭДС пройдет заряд $q = q_2$. Источник совершит работу $A_\varepsilon=q_2\,\varepsilon$.
7. По закону сохранения и превращения энергии : $W_1+A_\varepsilon=W_2+Q$.
8. Искомое количество теплоты : $Q = \frac{\varepsilon^2}{2}\left(\frac{C_1 R^2}{(R+r)^2} + C_2\right)$

Критерии оценивания решения:

Пункты 1 - 5 –	по 1 баллу.
Пункт 6 –	2 балла.
Пункт 7 -	1балл.
Получен окончательный ответ –	2 балла.