МОСКОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

ПО ФИЗИКЕ 2017–2018 уч. г.

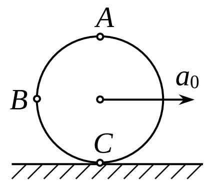
НУЛЕВОЙ ТУР, ЗАОЧНОЕ ЗАДАНИЕ. 11 КЛАСС

В прилагаемом файле приведено ноябрьское заочное задание для 11-го класса. Подготовьте несколько листов в клетку, на которых от руки напишите развёрнутые решения прилагаемых задач. Сфотографируйте страницы с Вашими решениями так, чтобы текст был чётко виден. Создайте архив фотографий с решениями и прикрепите к заданию. Развёрнутые решения задач оцениваются максимально в 30 баллов (по 6 баллов за полное правильное решение каждой задачи).

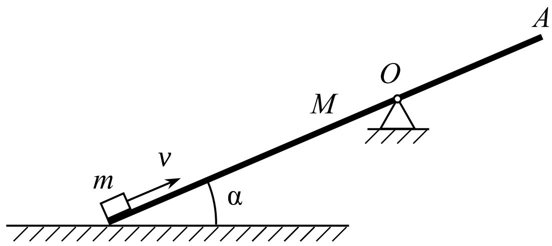
ЗАДАЧИ С РАЗВЁРНУТЫМ ОТВЕТОМ

Развёрнутое решение задачи включает в себя законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для её решения, а также математические преобразования, приводящие к решению в общем виде, и расчёты с численным ответом и единицами измерения.

Задача 1. Колесо катится без проскальзывания по горизонтальной плоскости. Ускорение центра колеса равно a_0. Найдите значения ускорений точек A и B колеса в момент времени, когда ускорение точки C становится равным по модулю a_0.



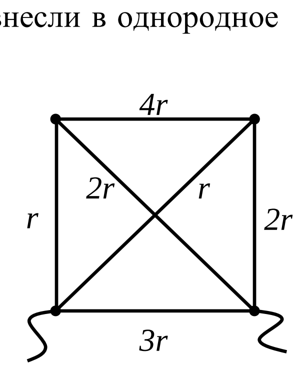
Задача 2. Груз массой m толкнули вверх по гладкой доске массой M и длиной l, шарнирно закреплённой в точке O (см. рис.). Доска с горизонтом составляет угол α, расстояние $OA = h < \frac{l}{2}$. Какую скорость v нужно сообщить грузу, чтобы нижний конец доски оторвался от пола?



Задача 3. Над одним молем идеального одноатомного газа проводят процесс $p = \alpha V$, где $\alpha = 273$ Па/м^3. При этом оказалось, что сумма увеличения ΔU внутренней энергии газа и полученной теплоты Q равна $\Delta U + Q = 70$ Дж. Найдите Q.

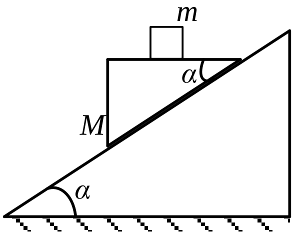
Задача 4. Равномерно заряженный по объёму шарик радиусом R внесли в однородное электрическое поле напряжённостью E_0. Максимальный угол между векторами напряжённости результирующего поля и поля E_0 оказался равным 60°. Найдите заряд шарика, если после его внесения во внешнее поле распределение заряда не изменилось.

Задача 5. Определите общее сопротивление схемы, указанной на рисунке. Диагонали квадрата в центре контакта не имеют.



ЗАДАНИЯ С КРАТКИМ ОТВЕТОМ

Задание 1. На неподвижной наклонной плоскости лежит клин массой M, на котором находится тело массой m. Тела отпускают. Сравните ускорения клина a_M и тела a_m, если трение отсутствует. Задание оценивается в 4 балла.



а) $a_M > a_m$;

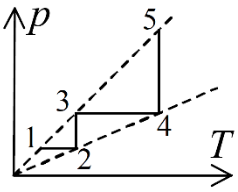
б) $a_M = a_m$;

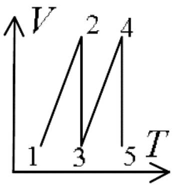
в) $a_M < a_m$;

г) $a_M = a_m = 0$;

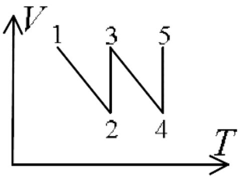
д) $a_M > a_m = 0$.

Задание 2. На рисунке изображен график изменения состояния неизменного количества идеального газа (M = *const*) в осях *pT*. Какой из графиков соответствует этим процессам в осях *VT*? Задание оценивается в 3 балла.

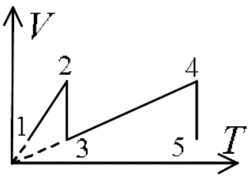




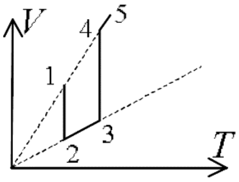
а)



б)

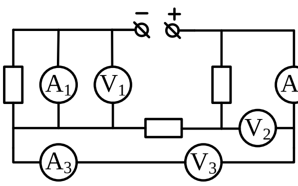


в)



г)

Задание 3. В электрической цепи, изображённой на рисунке, все приборы идеальные. Какой из вольтметров показывает наибольшее напряжение? Задание оценивается в 3 балла.



а) только 1;

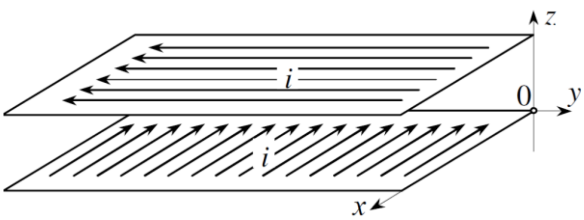
б) только 2;

в) только 3;

г) 1 и 2;

д) 2 и 3.

Задание 4. По двум параллельным «бесконечным» плоскостям, текут взаимно перпендикулярные токи с равными линейными плотностями $i = \frac{\Delta I}{\Delta l}$, как показано на рисунке. Как направлен вектор индукции магнитного поля в пространстве, заключённом между пластинами? Задание оценивается в 4 балла.



а) Вдоль оси x;

б) вдоль оси *y*;

в) вдоль оси *z*;

г) перпендикулярно оси *x*;

д) перпендикулярно оси *y*;

е) перпендикулярно оси *z*.

Задание 5. Слышит ли пилот самолёта звук работы двигателя, если самолет летит со скоростью, превышающей скорость звука? Задание оценивается в 1 балл.

а) Да;

б) нет;

в) зависит от модели самолёта;

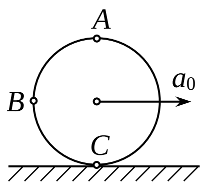
г) зависит от атмосферного давления.

Московская олимпиада по физике, 2017/2018, нулевой тур,

заочное задание (ноябрь), 11-й класс

Заочное задание (ноябрь) состоит из пяти задач. За решение каждой задачи участник получает до *4 баллов* по результатам автоматической проверки ответов и до *6 баллов* на основании проверки развёрнутого ответа. Всего участник может получить *45 баллов*.

Задача 1. Колесо катится без проскальзывания по горизонтальной плоскости. Ускорение центра колеса равно a_0. Найдите значения ускорений точек A и B колеса в момент времени, когда ускорение точки C становится равным по модулю a_0.



Возможное решение. В поступательно движущейся системе отсчета, скорость которой совпадает со скоростью центра колеса, все точки движутся по окружностям. В отсутствие проскальзывания тангенциальное ускорение точек обода равно ускорению центра колеса относительно земли. Нормальное ускорение точек обода для указанного в условии момента времени также равно по величине a_0. Следовательно, ускорение точки A в исходной системе отсчета в рассматриваемый момент равно векторной сумме направленного вертикально вниз нормального ускорения a_0 и горизонтального ускорения $2a_0$ и составляет по величине:

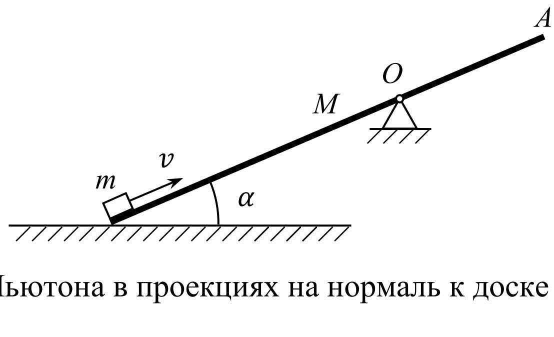
$$a_A = \sqrt{a_0^2 + (2a_0)^2} = \sqrt{5}a_0.$$

Ускорение точки B в исходной системе отсчета в рассматриваемый момент равно векторной сумме направленного вертикально вверх ускорения a_0 и горизонтального ускорения $2a_0$ и составляет по величине $\sqrt{5}a_0$.

Критерии оценивания.

1.	$a_\tau = a_0$	2 балла
2.	$a_n = a_0$	2 балла
3.	$a_A = \sqrt{5}a_0$	1 балл
4.	$a_B = \sqrt{5}a_0$	1 балл

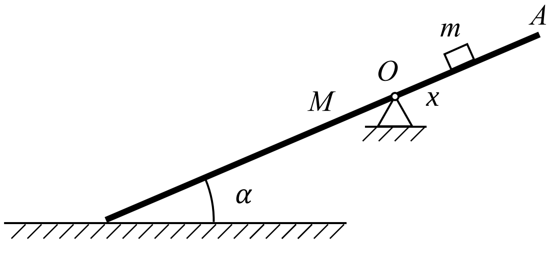
Задача 2. Груз массой m толкнули вверх по гладкой доске массой M и длиной l, шарнирно закреплённой в точке O (см. рис.). Доска с горизонтом составляет угол α, расстояние $OA = h < \frac{l}{2}$. Какую скорость v нужно сообщить грузу, чтобы нижний конец доски оторвался от пола?



Возможное решение. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на нормаль к доске для груза:

$$N = mg\cos\alpha,$$

где N – нормальная реакция опоры. Запишем уравнение моментов для доски относительно



точки O (груз m на расстоянии x от точки O, доска начинает отрывается от пола):

$$Mg \cdot \left(\frac{l}{2} - h\right)\cos\alpha = Nx = mgx\cos\alpha \implies x = \frac{M}{m} \cdot \frac{l-2h}{2}.$$

1. Если

$$\frac{M}{m} \cdot \frac{l-2h}{2} > h \implies \frac{M}{m} > \frac{2h}{l-2h},$$

то не существует таких скоростей, при которых доска оторвется от пола.

2. Если

$$\frac{M}{m} < \frac{2h}{l-2h},$$

тогда из закона сохранения энергии следует

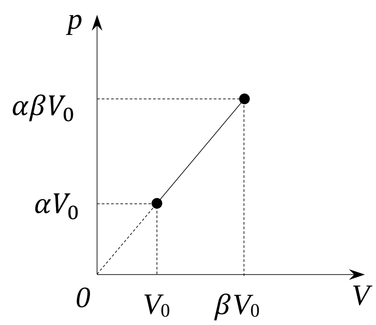
$$\frac{mv^2}{2} \geq mg(l - h + x)\sin\alpha \implies v \geq \sqrt{2g\left(l - h + \frac{M}{m} \cdot \frac{l-2h}{2}\right)\sin\alpha}.$$

Критерии оценивания.

1.	$x = \frac{M}{m} \cdot \frac{l-2h}{2}$ (при условии, что уравнение моментов правильно записано)	1,5 балла
2.	Рассмотрен случай $\frac{M}{m} > \frac{2h}{l-2h}$	1,5 балла
3.	$v \geq \sqrt{2g\left(l - h + \frac{M}{m} \cdot \frac{l-2h}{2}\right)\sin\alpha}$ (если знак равно, то 1,5 балла)	3 балла

Задача 3. Над одним молем идеального одноатомного газа проводят процесс $p = \alpha V$, где $\alpha = 273$ Па/м^3. При этом оказалось, что сумма увеличения ΔU внутренней энергии газа и полученной теплоты Q равна $\Delta U + Q = 70$ Дж. Найдите Q.

Возможное решение. Рассмотрим процесс $p = \alpha V$. Пусть объем увеличился в β раз. Запишем первое начало термодинамики:



$$Q = \Delta U + A = c_V\Delta T + \frac{1}{2}(\alpha\beta V_0 + \alpha V_0)(\beta V_0 - V_0)$$
$$= c_V\Delta T + \frac{1}{2}(\beta^2 - 1)\alpha V_0^2 =$$
$$= c_V\Delta T + \frac{1}{2}R\Delta T = \frac{c_V + c_p}{2}\Delta T.$$

Т.е. это процесс с постоянной молярной теплоемкостью (политропный процесс) равной $c_\alpha = \frac{c_V + c_p}{2} = 2R$.

Так как

$$\Delta U + Q = (c_\alpha + c_V)\Delta T \implies \Delta T = \frac{\Delta U + Q}{c_\alpha + c_V},$$

следовательно,

$$Q = c_\alpha \Delta T = c_\alpha \cdot \frac{\Delta U + Q}{c_\alpha + c_V} = \frac{2 \cdot 70}{3{,}5} = 40 \text{ Дж}.$$

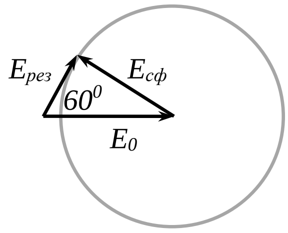
Критерии оценивания.

1.	$Q = \Delta U + A$	0,5 балла

2. Уравнение состояния 0,5 балла
3. $c_\alpha = \frac{c_V + c_p}{2} = 2R$ 3 балла
4. $Q = 40$ Дж 2 балла

Задача 4. Равномерно заряженный по объему шарик радиусом R внесли в однородное электрическое поле напряженностью E_0. Максимальный угол между векторами напряженности результирующего поля и поля E_0 оказался равным 60°. Найдите заряд шарика, если после его внесения во внешнее поле распределение заряда не изменилось.

Возможное решение. Существование максимального угла, меньшего 180°, между вектором напряженности результирующего поля и вектором $\overrightarrow{E_0}$ означает, что в любой точке напряженность поля, создаваемого шариком, меньше $\overrightarrow{E_0}$. При фиксированном значении заряда шарика максимальный угол между вектором напряженности результирующего поля и вектором $\overrightarrow{E_0}$ достигается в тех точках, где напряженность поля шара максимальна (на поверхности шарика) и ориентирована так, что результирующее поле перпендикулярно полю сферы (см. рис.). Из рисунка видно, что



$$E_{сф} = E_0 \cos\frac{\pi}{6} = \frac{\sqrt{3}}{2}E_0.$$

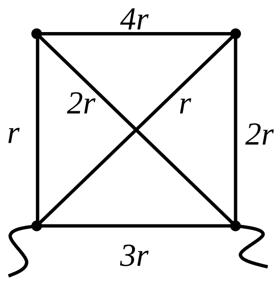
Поле равномерно заряженного по объему шарика на его поверхности равно

$$E_{сф} = k\frac{Q}{R^2} \implies Q = \frac{\sqrt{3}}{2}\frac{E_0 R^2}{k} = 2\sqrt{3}\pi\varepsilon_0 E_0 R^2.$$

Критерии оценивания.

1. Упоминание принципа суперпозиции 0,5 балла
2. Максимальный угол достигается в тех точках, где $E_ш$ максимальна 0,5 балла
3. Векторный треугольник напряженностей, в котором $\boldsymbol{E}_{сф} \perp \boldsymbol{E}_{рез}$ 2,5 балла
4. Напряженность на поверхности шарика равна $E_{сф} = k\frac{Q}{R^2}$ 2 балла
5. $Q = 2\sqrt{3}\pi\varepsilon_0 E_0 R^2$ 0,5 балла

Задача 5. Определите общее сопротивление схемы, указанной на рисунке. Диагонали квадрата в центре контакта не имеют.



Возможное решение. Сопротивления *r, r, 2r, 2r, 4r* образуют сбалансированный мост, значит, через сопротивление *4r* ток не течет.

Эквивалентная схема – три параллельно соединенных сопротивления *3r, 3r, 3r*. Следовательно, общее сопротивление равно *r*.

Критерии оценивания.

1. Сопротивления *r, r, 2r, 2r, 4r* образуют мост 2 балла
2. Через сопротивление *4r* ток не течет 2 балла
3. Последовательное соединение 0,5 балла
4. Параллельное соединение 0,5 балла
5. Общее сопротивление равно *r* 1 балл

Автоматическая проверка ответов.

Задание 1. а

Задание 2. в

Задание 3. в

Задание 4. е

Задание 5. а