

Ключи к заданиям муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике 2024-2025 учебный год

11 класс

Продолжительность олимпиады: 230 минут. Максимально возможное количество баллов: 50

Общие критерии оценок

Жюри олимпиады оценивает записи, приведенные в чистовике. Черновики не проверяются.

Правильный ответ, приведенный без обоснования или полученный из неправильных рассуждений, не учитывается. Если задача решена не полностью, то этапы ее решения оцениваются в соответствии с критериями оценок по данной задаче.

Если задача решена отличным от авторского способа, то решение оценивается согласно приведенных ниже критериев.

Таблица 1

Критерии проверки

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
7-9	Верное решение. Имеются небольшие недочёты, в целом не влияющие на решение. Допущены арифметические ошибки
5-6	Задача решена частично, или даны ответы не на все вопросы
3-4	Решение содержит пробелы в обоснованиях, приведены не все необходимые для решения формулы
1-2	Рассмотрены отдельные важные случаи при отсутствии решения или при ошибочном решении
0	Решение неверно или отсутствует

Не допускается снижение оценок за плохой почерк, решение способом, отличным от авторского, и т.д. Все спорные вопросы рекомендуется решать в пользу школьника.

Рекомендуется проверять сначала первую задачу во всех работах, затем вторую и т.д.

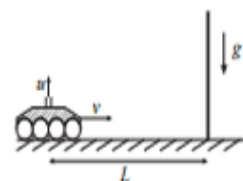
Все пометки в работе участника члены жюри делают только красными чернилами. Баллы за промежуточные выкладки ставятся около соответствующих мест в работе (это исключает пропуск отдельных пунктов из критериев оценок). Итоговая оценка за задачу ставится в конце решения. Кроме того, члены жюри заносит её в таблицу (см. табл. № 2) на первой странице работы и ставит свою подпись (с расшифровкой) под оценкой. В случае неверного решения необходимо находить и отмечать ошибку, которая к нему привела. Это позволит точнее оценить правильную часть решения и сэкономит время в случае апелляции

Таблица 2

№ задания	Набранные баллы
1	
2	
3	
4	
итого	

Задача № 1 (Максимальный балл – 10)

На платформе установлена пушка, которая стреляет вертикально вверх теннисными шариками со скоростью $u = 75 \frac{м}{с}$ относительно платформы. Конструкция едет со скоростью $v = 15 \frac{м}{с}$ к стенке и начинает тормозить, когда расстояние до стены остаётся равным $L = 225 м$, а ускорение $a = 0,5 \frac{м}{с^2}$ до полной остановки. Через какое время с начала торможения надо выстрелить, чтобы шарик упал как можно дальше от стены, если удар шарика о стенку упругий? Ускорение свободного падения $g = 10 \frac{м}{с^2}$, размерами конструкции пренебречь. Высота стены 300м

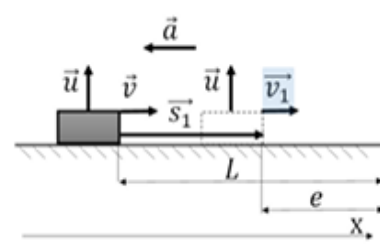


Возможное решение

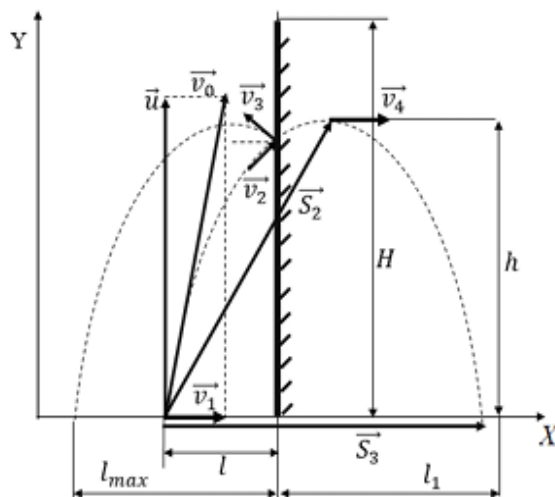
Для начала соотнесем максимальную высоту подъема шарика с высотой стенки, чтобы понять не перелетит ли шарик стенку.

$v_{4y} = v_{0y} + gt_0$, где t_0 – время подъема шарика до максимальной высоты, по оси Y: $0 = u - gt_0$. Значит $t_0 = \frac{u}{g}$, а время полета без стены

$$t_3 = \frac{2u}{g} \quad (1 \text{ балл})$$



Вдоль горизонтали теннисный шарик движется равномерно со скоростью, равной скорости тележки в момент старта шарика. Скорость тележки определяется уравнением $v_{x1} = v - at_1$ (**1 балл**), где t_1 - время, прошедшее с начала движения тележки. Таким образом расстояние, которое пролетит шарик вдоль горизонтали, может быть выражено формулой $S_x = v_{x1}t_3 = (v - at_1)t_3 = (v - at_1)\frac{2U}{g}$ (**1 балл**), в том случае, если нет стены. Так как высота стены больше, нежели высота, на которую может подняться шарик $300 > \frac{U^2}{2g}$, то шарик точно столкнётся со стенкой. (**1 балл**)



При отражении от стенки, скорость шарика меняется на противоположную по направлению, то есть шарик начинает удаляться от стенки (**1 балл**).

Выразим расстояние от тележки до стены в момент старта шарика. Тележка движется равнозамедленно, таким образом, до стены шарiku остаётся лететь $l = L - (vt_1 - \frac{at_1^2}{2})$ (**1 балл**). Тогда, чтобы определить расстояние до стены, на котором приземлится теннисный шарик, надо из общей длины возможного пути по горизонтали вычесть расстояние до стены в момент старта

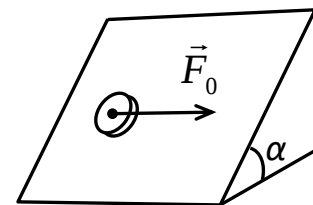
$$l_1 = S_{3x} - l = (v - at_1)\frac{2U}{g} - \left(L - \left(vt_1 - \frac{at_1^2}{2} \right) \right) = -\frac{at_1^2}{2} + \left(v - \frac{2aU}{g} \right) t_1 + \frac{2vU}{g} - L \quad (**2 балла**)$$

Данное уравнение является уравнением параболы относительно времени, ветви которой направлены вниз, что означает что у неё существует максимум в вершине и тогда t можно вычислить согласно формулы для нахождения координаты вершины параболы

$$t = -\frac{B}{2A} = \frac{(v - \frac{2aU}{g})}{a} \quad (**1 балл**) \quad t = 15 \text{ с} \quad (**1 балл**)$$

Задача № 2 (Максимальный балл – 10)

На плоскости, образующей угол α с горизонтом, лежит шайба массы m . Какую минимальную силу $\vec{F}_0$ надо приложить к шайбе в горизонтальном направлении вдоль плоскости, чтобы она сдвинулась? Коэффициент трения равен k .



Из условия задачи ясно, что на тело реально действуют 4 силы:

$\vec{N}$, $m\vec{g}$, $\vec{F}_{TP}$ и $\vec{F}_0$. Изобразим их на рисунке.

С плоскости тело будет скатываться, если $\vec{F}_{PE3} = \vec{F}_{TP}$.

$$\vec{F}_{PE3}^2 = \vec{F}_0^2 + (mg \sin \alpha)^2.$$

Условие сдвига: $\vec{F}_{PE3} \geq \vec{F}_{TP \max} = kN = k \cdot mg \cos \alpha$.

Тогда $\vec{F}_0 = mg \sqrt{k^2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha}$. ($k > \tan \alpha$).

Обязательно должен присутствовать анализ соотношения между k и α .

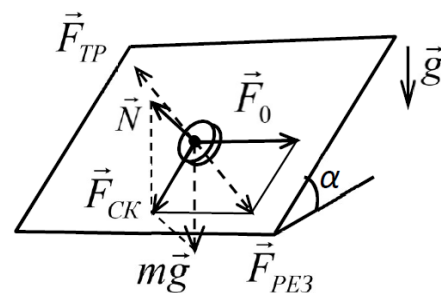
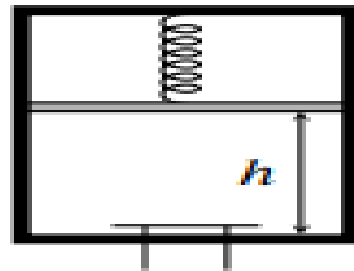


Рис.2

Задача № 3 (Максимальный балл – 10)

В вертикальном цилиндрическом теплоизолированном сосуде находится горизонтальный поршень массой $m = 10$ кг, прикрепленный с помощью лёгкой пружины к его верхней стенке, и расположенный у нижнего основания миниатюрный нагреватель. Под поршнем находится идеальный одноатомный газ, а над поршнем — вакуум. В начальном положении поршень расположен на высоте $h = 80$ см от нижнего основания, пружина не деформирована. Определите жёсткость пружины k , если после передачи газу количества теплоты $Q = 130$ Дж, поршень поднялся на высоту $h/4$. Трением между поршнем и стенками пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с²



Решение: В начальном положении давление газа под поршнем равно $p_0 = mg/S$, где S — площадь поршня. Если же в результате нагревания поршень поднялся на высоту $h/4$, давление газа под ним стало $p = p_0 + kh/(4S)$, а объём газа $V = 5Sh/4$. Работа по подъёму поршня на высоту $h/4$ определяется как изменение потенциальных энергий поршня и пружины

$$A = \frac{mgh}{4} + \frac{kh^2}{32},$$

в то время как изменение внутренней энергии равно

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} (pV - p_0 Sh) = \frac{3}{2} \left(\frac{p_0 Sh}{4} + \frac{5kh^2}{16} \right) = \frac{3mgh}{8} + \frac{15kh^2}{32}.$$

Отсюда получим, что

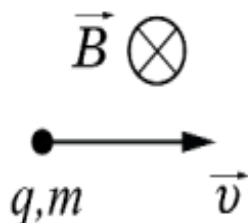
$$Q = \Delta U + A = \frac{5mgh}{8} + \frac{kh^2}{2} \Rightarrow k = \frac{2}{h^2} \left(Q - \frac{5mgh}{8} \right) = 250 \text{ Н/м}.$$

Задача № 4 (Максимальный балл – 10)

Частица с зарядом $q = 1,2$ мкКл и массой $m = 0,8$ мг движется со скоростью $v = 100$ м/с в однородном электромагнитном поле с индукцией $B = 1$ мТл и напряжённостью $E = 0$. На рисунке показано направление скорости частицы $\vec{v}$ в рассматриваемый момент времени. Вектор $\vec{B}$ перпендикулярен $\vec{v}$ и направлен от нас. Описание ситуации сделано относительно некоторой инерциальной системы отсчёта. Перейдём в другую инерциальную систему отсчёта, движущуюся относительно первой со скоростью $\vec{v}$.

1) Определите направление и величину ускорения частицы $\vec{a}'$ в рассматриваемый момент во второй системе отсчёта.

2) Определите направление и величину напряжённости поля $\vec{E}'$ во второй системе отсчёта



Скорости частицы много меньше скорости света в вакууме, поэтому можно пользоваться законами классической механики. Известно, что масса и заряд инвариантны к смене СО. Так как мы переходим из одной ИСО в другую, то ускорение в ней будет тем же: $\vec{a}' = \vec{a}$.

В исходной ИСО это ускорение сообщает сила Лоренца $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) = q\vec{v} \times \vec{B}$.

Тогда величина ускорения $|\vec{a}'| = F / m = 0,15 \text{ м/с}^2$.

Направления силы и ускорения определяются правилом правой руки. С учётом положительного знака заряда частицы – в плоскости рисунка перпендикулярно скорости вверх.

В новой системе отсчёта частица в начальный момент неподвижна, поэтому магнитная составляющая поля на неё не действует, но зато появляется сила со стороны электрической компоненты E' .

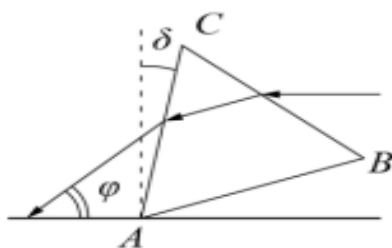
Сила, действующая на частицу в новой СО, $F' = ma'$.

Тогда модуль напряжённости $E' = F' / q = vB = 0,1 \text{ В/м}$.

Направление совпадёт с направлением ускорения.

Задача № 5 (Максимальный балл – 10)

Луч света распространяется параллельно поверхности, на которой установлена равносторонняя треугольная стеклянная призма, грань AC которой образует угол $\delta = 18^\circ$ с нормалью к поверхности. Луч света преломившись, распространяется внутри призмы параллельно основанию AB. Определите: 1) угол φ между лучом, вышедшим из призмы, и поверхностью, на которой она установлена; 2) коэффициент преломления n стекла.



Возможное решение. $\gamma = 90^\circ - \delta - \beta = 12^\circ$

$\begin{cases} \gamma = \gamma_1 \\ \varphi = \varphi_1 \end{cases}$ как внутренние накрест лежащие ($EM \parallel DA$)

$\varphi = \gamma_1 + \gamma_2 = 2\gamma = 24^\circ$ по теореме о внешнем угле треугольника.

Угол падения луча EM на призму

$$\alpha_1 = 90^\circ - (60^\circ - \gamma) = 42^\circ$$

Угол преломления $\alpha_2 = 30^\circ$ ($EF \parallel BA$)

$$n = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} \approx 1,34$$

