



Демоверсия заданий вступительных испытаний  
по физическому профилю  
11 класс

Экзамен включает в себя разделы: физика (40 баллов), собеседование (20 баллов).

Длительность письменного экзамена: 180 минут – физика.

Во время экзамена разрешено использовать: черновик, калькулятор.

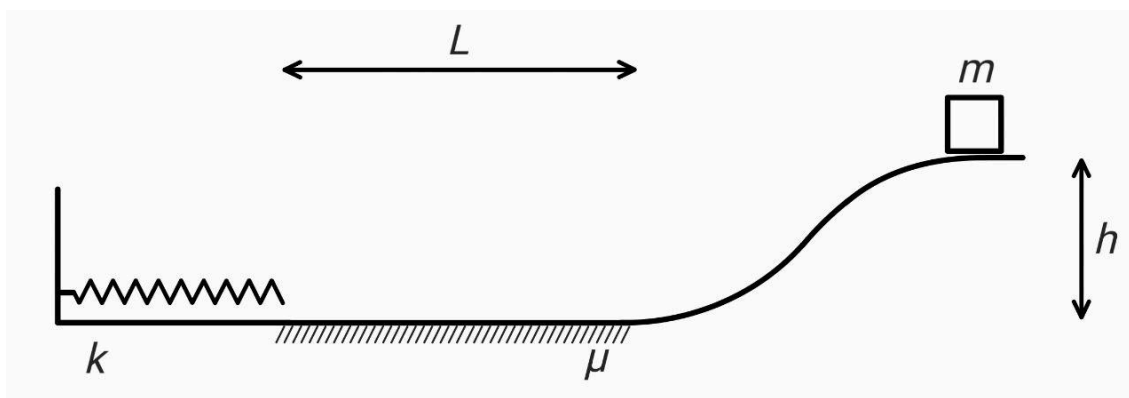
Максимальное количество баллов за вступительное испытание – 60 баллов.

Физика

Задача 1 (6 баллов)

На гладкой горке высотой  $h = 1,5$  м покоится маленький брусок массой  $m = 0,50$  кг. От небольшого толчка брусок приходит в движение. Нижняя точка горки плавно переходит в горизонтальный участок стола. Коэффициент трения бруска о стол равен  $\mu = 0,20$ , а длина участка составляет  $L = 1,0$  м. В конце этого участка расположена стена, к которой прикреплена лёгкая пружина жёсткостью  $k = 200$  Н/м. Горка и участок стола под пружиной являются абсолютно гладкими. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

1. Каково максимальное сжатие пружины, когда брусок взаимодействует с ней в первый раз? (3 балла)
2. На какую максимальную высоту над столом поднимется брусок, заехав на горку после первого взаимодействия с пружиной? (1 балл)
3. Сколько раз брусок пересечёт участок с трением длины  $L$  до полной остановки? (2 балла)



**Задача 2** (4 балла)

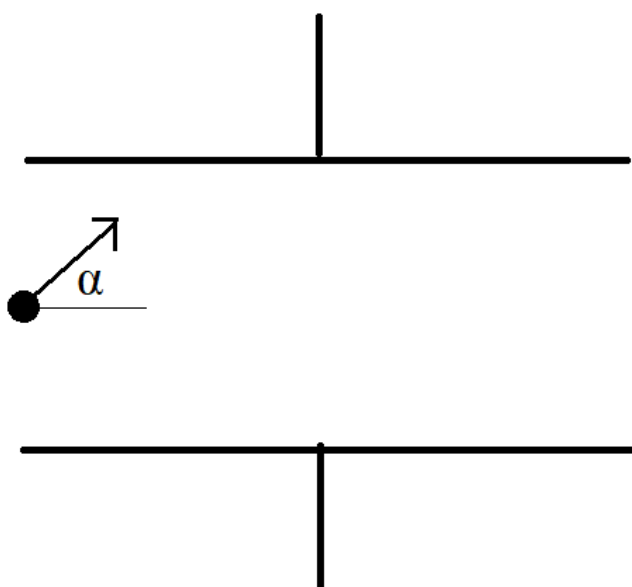
1 моль идеального одноатомного газа переходит из одного состояния в другое в квазистатическом процессе, описываемом уравнением

$$PV^4 = \text{const.}$$

Найдите молярную теплоёмкость газа  $C$  в этом процессе. Ответ выразите через универсальную газовую постоянную  $R$ .

**Задача 3** (5 баллов)

Плоский конденсатор состоит из двух квадратных пластин, расстояние между которыми равно  $h = 16$  см, а длина стороны —  $L = 40$  см. К конденсатору приложено некоторое напряжение. В конденсатор параллельно одной из сторон со скоростью  $v_0 = 400$  м/с, направленной под углом  $\alpha = 30^\circ$  к плоскости пластин (см. рисунок), влетает маленькая частица массой  $m = 1,0 \cdot 10^{-9}$  кг и с зарядом  $q = +1,0 \cdot 10^{-9}$  Кл. Частица влетает ровно посередине между обкладками. Электрическим полем вне конденсатора и силой тяжести можно пренебречь.



1. Какое напряжение  $U$  нужно подать на пластины конденсатора, чтобы частица вылетела из конденсатора справа на том же расстоянии от верхней обкладки, на которой она влетела? Ответ дайте в киловольтах, округлив до целых. (3 балла)



2. Сколько частица движется внутри конденсатора? Ответ дайте в миллисекундах, округлив до двух значащих цифр. (1 балл)

3. Каково максимальное вертикальное смещение частицы от середины промежутка между пластинами в процессе её движения внутри конденсатора? Ответ дайте в сантиметрах, округлив до десятых. (1 балл)

#### Задача 4 (4 балла)

У тонкой длинной стеклянной трубки постоянного сечения один конец плотно запаян, другой конец открыт в атмосферу. Внутри трубки имеется слой ртути, который запирает у запаянного конца некоторый объём воздуха. Ртуть из трубки не вытекает.

- Когда трубку держат вертикально открытым концом вверх, длина столбика запертого внутри трубки воздуха равна  $l_1 = 10$  см.
- Когда ту же трубку держат горизонтально, длина столбика запертого воздуха равна  $l_0 = 15$  см.

Найдите длину  $l_2$  столбика запертого воздуха, когда трубку держат вертикально, но открытым концом вниз. Ответ выразите в сантиметрах. При всех манипуляциях с трубкой количество воздуха в ней постоянно, процесс изменения его объёма считать изотермическим. Атмосферное давление  $p_0 = 1,0 \cdot 10^5$  Па, плотность ртути  $\rho = 1,36 \cdot 10^4$  кг/м<sup>3</sup>.

#### Задача 5 (6 баллов)

В цилиндре под подвижным поршнем при постоянной температуре  $T = 300$  К находится влажный воздух. Начальное давление смеси равно атмосферному  $p_0 = 1,0 \cdot 10^5$  Па, начальный объём газа  $V_0 = 0,10$  м<sup>3</sup>. Начальная относительная влажность воздуха  $\phi_0 = 40\%$ .

Давление насыщенного водяного пара при данной температуре:  $p_{\text{нас}} = 3,2 \cdot 10^3$  Па. Поршень медленно сжимает газовую смесь до объёма  $V_2 = 0,020$  м<sup>3</sup>. Газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К), молярная масса воды  $\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 18$  г/моль.

1. При каком объёме  $V_*$  впервые начинается конденсация водяного пара? (3 балла)

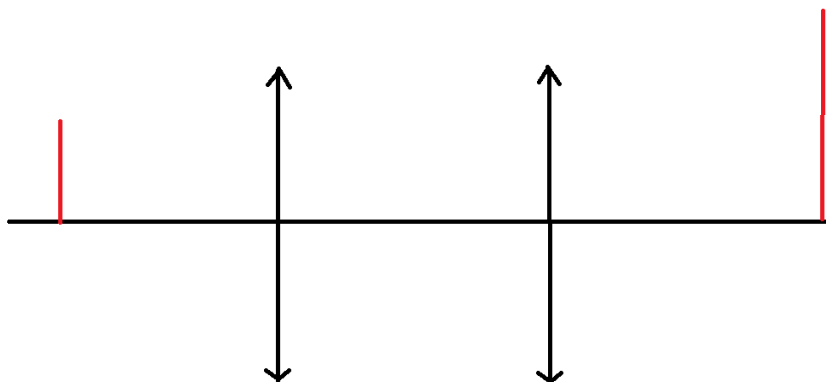


2. Какова масса воды  $m_{\text{конд}}$ , сконденсировавшейся при сжатии от объёма  $V_0$  до объёма  $V_2$ ? (2 балла)

3. Чему равно полное давление смеси  $p_2$  при объёме  $V_2 = 0,020 \text{ м}^3$ ? (1 балл)

**Задача 6** (4 балла). Две линзы

Перед тонкой собирающей линзой  $L_1$  с фокусным расстоянием  $f_1 = 10 \text{ см}$  на расстоянии  $a_1 = 20 \text{ см}$  от линзы на главной оптической оси расположен предмет (слева от линзы). На расстоянии  $d = 50 \text{ см}$  справа от первой линзы установлена вторая тонкая линза  $L_2$ . После прохождения системы из двух линз получается действительное изображение, высота которого в два раза больше высоты предмета.



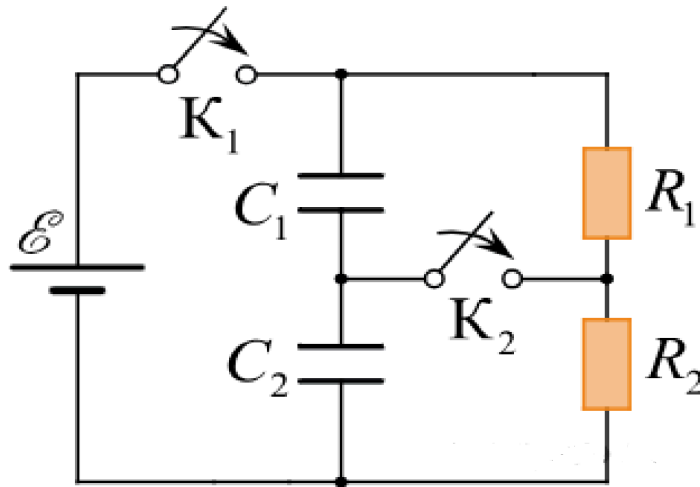
1. Чему равно фокусное расстояние линзы  $L_2$ ? (3 балла)

2. После прохождения через первую линзу формируется промежуточное изображение. Каково его увеличение после формирования изображения линзой  $L_2$ ? (1 балл)

**Задача 7** (6 баллов)

В цепи, схема которой изображена на рисунке, сначала замыкают ключ  $K_1$ , а затем, спустя достаточно длительное время, ключ  $K_2$ . Источник считать идеальным.

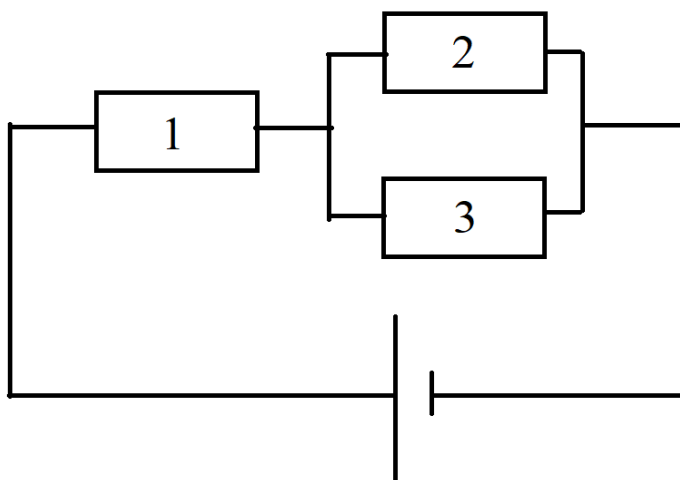
$$R_1 = 2 \text{ Ом}, \quad R_2 = 3 \text{ Ом}, \quad C_1 = 1 \text{ мкФ}, \quad C_2 = 2 \text{ мкФ}, \quad \mathcal{E} = 10 \text{ В}.$$



1. Спустя достаточно длительное время после замыкания ключа  $K_1$  (ключ  $K_2$  разомкнут) найдите модуль заряда  $Q$ , накопленного на конденсаторе  $C_1$ . (2 балла)
2. В тех же условиях (замкнут только ключ  $K_1$ ) найдите напряжение  $U_1$  на конденсаторе  $C_1$ . (1 балл)
3. Затем замыкают ключ  $K_2$ . Какой заряд и в каком направлении протечёт после этого через ключ  $K_2$ ? (3 балла)

**Задача 8** (5 балла)

В цепи, представленной на рисунке, идеальный источник с ЭДС  $\varepsilon = 12$  В подключён к резистору  $R_1$  и параллельной ветви, содержащей резистор  $R_2$  и нелинейный элемент (обозначен цифрой 3). Сопротивления резисторов равны  $R_1 = 2$  Ом,  $R_2 = 3$  Ом. ВАХ нелинейного элемента задаётся уравнением  $I_3 = \left(\frac{U_3}{6}\right)^2$ , где  $U_3$  — напряжение на нелинейном элементе (в вольтах),  $I_3$  — ток через него (в амперах). Сопротивлением проводов пренебречь.



1. Найдите напряжение  $U$  на параллельной ветви (на резисторе  $R_2$  и нелинейном элементе). (2 балла)
2. Найдите силу тока  $I$ , протекающего через источник. (1 балл)
3. Найдите ток через нелинейный элемент. (1 балл)
4. Найдите мощность, выделяющуюся на резисторе  $R_2$ . (1 балл)

Ответы и баллы

## Физика

Номер задания	Правильный ответ	Балл
1	$x_{\max} \approx 0,26 \text{ м}$ $h_{\max} \approx 1,1 \text{ м}$ 7	6
2	$C = (7/6) R$	4
3	$U \approx 55 \text{ кВ}$ $t \approx 1,2 \text{ мс}$ $Y_{\max} \approx 5,8 \text{ см}$	5
4	$l_2 = 30 \text{ см}$	4
5	$V_* \approx 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ $m_{\text{конд}} \approx 0,46 \text{ г}$ $p_2 \approx 5,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$	6
6	$ f_2  = 20 \text{ см}$ $ \Gamma_2  = 2$	4
7	$Q = 20/3 \text{ мкКл} \approx 6,7 \text{ мкКл}$ $U_1 = 20/3 \text{ В} \approx 6,7 \text{ В}$ $\Delta q = 8 \text{ мкКл}$ (через К2 справа налево)	6
8	$U = 6 \text{ В}$ $I = 3 \text{ А}$ $I_2 = 2 \text{ А}, I_3 = 1 \text{ А}$ $P_2 = 12 \text{ Вт}, P_3 = 6 \text{ Вт}$	5