



Ректор МГТУ им. Н.Э. Баумана

А.А. Александров

**ТИПОВОЙ ВАРИАНТ ЗАДАНИЯ  
ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ЭКЗАМЕНОВ ПО ФИЗИКЕ, ПРОВОДИМЫХ  
МГТУ имени Н. Э. БАУМАНА САМОСТОЯТЕЛЬНО**

**ЗАДАЧА 1.**

С какой силой человек должен тянуть верёвку, чтобы удержать себя и платформу, на которой он стоит, в равновесии? Масса человека  $m_1 = 70$  кг, масса платформы 30 кг. Массой блоков и верёвок пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным  $10 \text{ м/с}^2$ . Ответ укажите целым числом в Ньютонах,

**ЗАДАЧА 2.**

Тело, двигаясь из состояния покоя под действием постоянной силы, равной 20 Н, за время  $\Delta t = 0,1 \text{ с}$ , приобретает кинетическую энергию  $W_0 = 10$  Дж. Найдите энергию в Джоулях, которую сообщит эта сила тому же телу за следующий промежуток времени  $\Delta t = 0,1 \text{ с}$ .

**ЗАДАЧА 3.**

Два однородных свинцовых стержня длиной  $L = 1,3$  м каждый, могут свободно вращаться в вертикальной плоскости вокруг общей горизонтальной оси, проходящей через края этих стержней. Стержни отклонили в разные стороны на  $90^\circ$  от вертикали и отпустили без начальной скорости. Определите, на сколько градусов нагреются стержни после столкновения, считая его абсолютно неупругим. Принять, что вся теплота, выделившаяся при столкновении стержней, идёт на их нагревание. Сопротивление воздуха не учитывать. Теплоёмкость свинца  $c = 130 \text{ Дж / кг} \cdot \text{град}$ . Ускорение свободного падения принять равным  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**ЗАДАЧА 4.**

Небольшая шайба массы  $m$  без начальной скорости соскальзывает с гладкой горки высотой  $h = 5$  м и попадает на доску массы  $M = 3m$ , лежащую у основания горки на гладкой горизонтальной плоскости, как показано на рисунке. Вследствие трения между шайбой и доской шайба останавливается, не достигнув края доски. Определите время скольжения шайбы вдоль доски, если коэффициент трения между шайбой и доской  $\mu = 0,3$ . Принять ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



**ЗАДАЧА 5.**

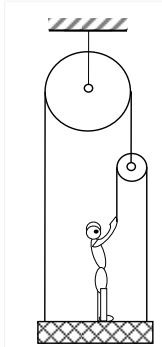
На дне водоема выделился пузырек газа диаметром  $d$ . При подъёме этого пузырька к поверхности воды его диаметр увеличился в  $n$  раз. Найдите глубину водоема в этом месте. Атмосферное давление  $p_0$ , коэффициент поверхностного натяжения воды  $\sigma$  и её плотность  $\rho$  считать известными. При расширении газа его температура не изменялась.

**ЗАДАЧА 6.**

Теплоизолированный сосуд разделён пористой неподвижной перегородкой на две части. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона – нет. В начальный момент в одной части сосуда находится  $\nu_{He} = 2$  моль гелия, а в другой –  $\nu_{Ar} = 1$  моль аргона. Температура гелия  $T_{He} = 300 \text{ К}$ , а температура аргона  $T_{Ar} = 600 \text{ К}$ . Считая аргон и гелий идеальными газами, определите температуру гелия после установления равновесия в системе.

**ЗАДАЧА 7.**

Газообразный гелий из начального состояния 1 расширяется в изобарическом процессе 1-2, а затем продолжает расширяться в адиабатическом процессе 2 - 3. Температуры в состояниях 1 и 3 равны. Найдите работу, совершённую газом в изобарическом процессе, если в адиабатическом процессе газ совершил работу  $A = 750$  Дж.



**ЗАДАЧА 8.**

Фотокатод с работой выхода  $A$  освещается монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda$ . Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $B$ . Определите наибольший радиус окружности, по которой могут двигаться электроны в магнитном поле.

**ЗАДАЧА 9.**

Источник света расположен на двойном фокусном расстоянии от собирающей линзы на ее оси. За линзой перпендикулярно оптической оси расположено плоское зеркало. На каком расстоянии от линзы нужно поместить зеркало, чтобы лучи, отраженные от зеркала, пройдя вторично через линзу, стали параллельными? Фокусное расстояние линзы  $F = 10$  см.

**ЗАДАЧА 10.**

Металлический шар радиуса  $R_1 = 4$  см окружён концентрической проводящей оболочкой радиуса  $R_2 = 10$  см. Пространство между шаром и оболочкой заполнено однородным диэлектриком. Определите величину максимального напряжения, которое можно подвести к такому сферическому конденсатору, если пробой диэлектрика происходит при напряжённости электрического поля в нём  $E = 100$  кВ/см.

## РЕШЕНИЕ ТИПОВОГО ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ

ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ЭКЗАМЕНОВ ПО ФИЗИКЕ, ПРОВОДИМЫХ  
МГТУ ИМЕНИ Н. Э. БАУМАНА САМОСТОЯТЕЛЬНО

## ЗАДАЧА 1.

Ответ:  $F''_{H2} = F_{H2} = 250H$ .

Система состоит из четырёх тел: человека, платформы и двух блоков. На платформу действуют четыре силы: сила тяжести  $F_T$ , силы натяжения  $F_{H1}$  и  $F_{H2}$ , сила давления человека  $F_D$ .

Запишем условие равновесия платформы

$$F_T + F_{H1} + F_{H2} + F_D = 0.$$

В проекции на ось  $y$  это уравнение имеет вид:  $F_{H1} + F_{H2} - F_D - F_T = 0$ . (1)

На блок 1 действуют три силы натяжения  $F'_{H1}$ ,  $F'_{H2}$ ,  $F''_{H2}$ .

Условие равновесия блока есть  $F'_{H1} + F'_{H2} + F''_{H2} = 0$

В проекции на ось  $y$  это уравнение запишется в виде:  $F'_{H1} - F''_{H2} - F'_{H2} = 0$ . (2)

На человека действуют: сила тяжести  $F_{T1}$ , сила нормальной реакции  $N$ ,

сила натяжения  $F'''_{H2}$ .

Условие равновесия человека:  $F_{T1} + N + F'''_{H2} = 0$ .

В проекции на ось  $y$  это уравнение имеет

вид:  $F'''_{H2} + N - m_1g = 0$ . (3)

Система находится в равновесии,

поэтому  $F_{H1} = F'_{H1}$  и  $F''_{H2} = F'_{H2}$ .

По третьему закону Ньютона  $N = F_D$ .

Уравнения (1), (2), (3) перепишем в виде:

$$F_{H1} + F_{H2} - F_D - m_2g = 0, \quad (4)$$

$$F_{H1} = 2F_{H2}, \quad (5)$$

$$F_{H2} + F_D - m_1g = 0. \quad (6)$$

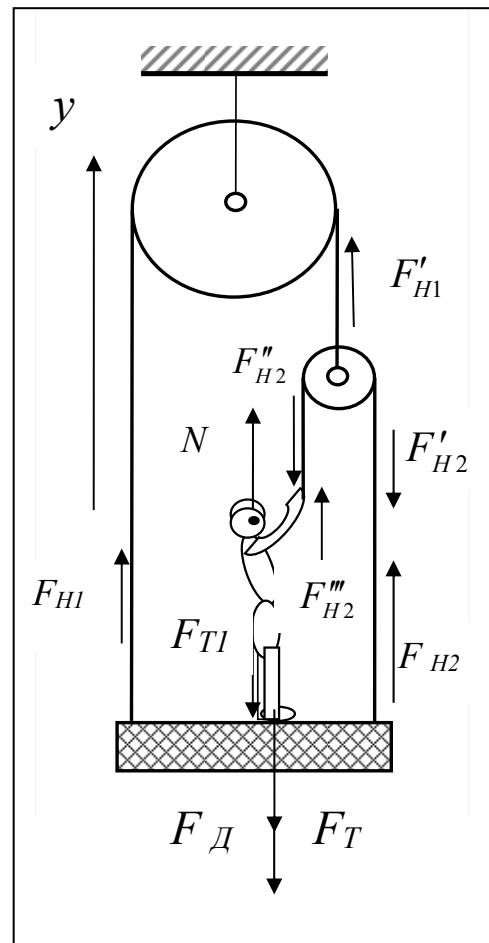
Из (6) выделим  $F_D = m_1g - F_{H2}$ . (7)

Подставив (5) и (7) в (4) получим

$$2F_{H2} + F_{H2} - m_1g + F_{H2} - m_2g = 0,$$

откуда  $F_{H2} = \frac{g(m_1 + m_2)}{4} = \frac{10(70 + 30)}{4} = 250H$ ;

Так как  $F''_{H2} = F_{H2} = 250H$ , то  $F'''_{H2} = 250H$ .



## ЗАДАЧА 2.

Ответ:  $\Delta W = W_1 - W_0 = 30 \text{ Дж}$ .

$$1. \quad \text{Кинетическая энергия тела} \quad W_0 = \frac{P^2}{2m} = \frac{(F \cdot \Delta t)^2}{2m}. \quad (1)$$

2. Из (1) выразим массу  $m = \frac{(F \cdot \Delta t)^2}{2W_0}$ .

3. К концу второго интервала  $2\Delta t = 0,2c$  движения кинетическая энергия тела станет равна

$$W_1 = \frac{(F \cdot 2\Delta t)^2}{2m} = \frac{(F \cdot 2\Delta t)^2}{2(F\Delta t)^2} 2W_0 = 4W_0.$$

4. Приращение кинетической энергии за следующий интервал  $\Delta t = 0,1c$

$$\Delta W = W_1 - W_0 = 4W_0 - W_0 = 3W_0 = 3 \cdot 10 = 30 \text{ Дж}.$$

### ЗАДАЧА 3.

Ответ:  $\Delta T = 0,05K$ .

Количество теплоты  $Q$ , выделяющееся при абсолютно неупругом столкновении стержней, равно уменьшению потенциальной энергии системы, считая при этом, что вся теплота идёт на нагревание стержней.

$$Q = \Delta U = 2mg \frac{L}{2} = mgL, \text{ где } L = 1,3 \text{ м - длина стержня.}$$

Из уравнения теплового баланса найдём, на сколько градусов повысится температура стержней

$$\Delta T = \frac{Q}{2mc} = \frac{mgL}{2mc} = \frac{gL}{2c} = \frac{10 \cdot 1,3}{2 \cdot 130} = 0,05K, \text{ где } c = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} - \text{теплоёмкость свинца.}$$

### ЗАДАЧА 4.

Ответ:  $\Delta t = \frac{M}{(m+M) \cdot \mu} \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2,5 \text{ с}.$

1) В соответствии с законом сохранения энергии

$$mgh = \frac{mv^2}{2},$$

$$\text{откуда скорость шайбы в конце спуска с горки } v = \sqrt{2gh} \quad (1)$$

2) Горизонтальная плоскость гладкая, поэтому в соответствии с законом сохранения импульса

$$mv = (m+M)u, \text{ откуда } u = \frac{m}{m+M}v \quad (2)$$

3) В процессе торможения шайбы, доска движется равноускоренно, следовательно,

$$u = a\Delta t \quad (3), \text{ где } a = \frac{F_{TP}}{M} = \frac{\mu mg}{M} \quad (4)$$

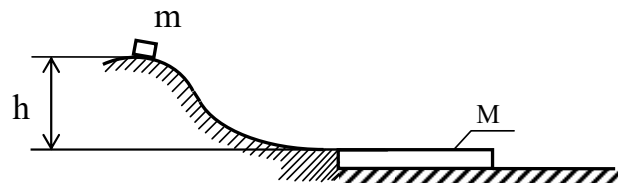
$$4) \Delta t = \frac{u}{a} = \frac{mv \cdot M}{(m+M) \cdot \mu mg} = \frac{M}{(m+M)\mu g} \sqrt{2gh} = \frac{M}{(m+M)\mu} \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

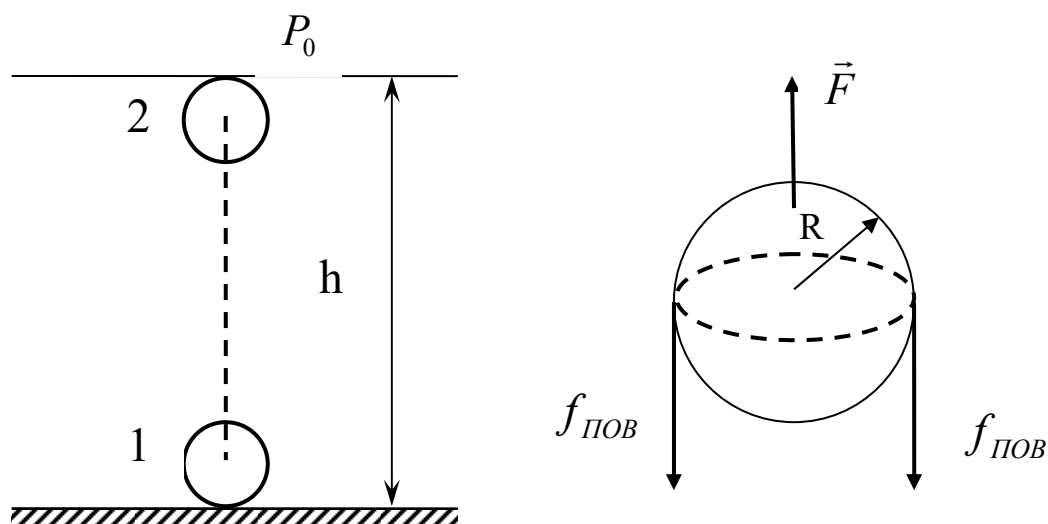
5) Подставив значения  $M = 3m$ ,  $h = 5$  м;  $\mu = 0,3$ , получим

$$\Delta t = \frac{3m}{(m+3m) \cdot \mu} \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} = \frac{3m}{4m \cdot \mu} \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} = \frac{3}{4 \cdot 0,3} \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{10}} = 2,5 \text{ с}.$$

### ЗАДАЧА 5.

Ответ:  $h = \frac{1}{\rho g} \left[ P_0(n^3 - 1) + \frac{4\sigma}{d} \cdot (n^2 - 1) \right].$





За счёт поверхностного натяжения добавочное давление в пузырьке найдём из условия

$$2\pi R \cdot \sigma = P_{\text{доб}} \cdot \pi R^2. \quad \text{Отсюда} \quad P_{\text{доб}} = \frac{2 \cdot \sigma}{R} = \frac{4\sigma}{d}, \quad \text{где} \quad d = 2R.$$

В положении 1 пузырька  $P_1 \cdot V_1 = \left( P_0 + \rho gh + \frac{4\sigma}{d} \right) \cdot \frac{4}{3} \pi \left( \frac{d}{2} \right)^3$ .

В положении 2 пузырька  $P_2 \cdot V_2 = \left( P_0 + \frac{4\sigma}{n \cdot d} \right) \cdot \frac{4}{3} \pi \left( \frac{n \cdot d}{2} \right)^3$ . Так как температура  $T = \text{const}$ ,

то  $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$ . Тогда  $\left( P_0 + \rho gh + \frac{4\sigma}{d} \right) = \left( P_0 + \frac{4\sigma}{n \cdot d} \right) \cdot n^3$ . Отсюда

$$h = \frac{1}{\rho g} \left[ P_0 (n^3 - 1) + \frac{4\sigma}{d} \cdot (n^2 - 1) \right].$$

### ЗАДАЧА 6.

Ответ:  $T = 400\text{K}$ .

He	Ar
$\nu_{\text{He}} = 2$	$\nu_{\text{Ar}} = 1$
$T_{\text{He}} = 300$	$T_{\text{Ar}} = 600$

1) После установления равновесия в системе, температура обеих частей сосуда станет одинаковой и равной  $T$ , а гелий равномерно распределится по всему сосуду.

2) Температура в сосуде определяется из закона сохранения энергии

$$U = \frac{3}{2} \nu_{\text{He}} RT_{\text{He}} + \frac{3}{2} \nu_{\text{Ar}} RT_{\text{Ar}} = \frac{3}{2} (\nu_{\text{He}} + \nu_{\text{Ar}}) RT.$$

Отсюда  $T = \frac{\nu_{\text{He}} T_{\text{He}} + \nu_{\text{Ar}} T_{\text{Ar}}}{\nu_{\text{He}} + \nu_{\text{Ar}}} = \frac{2 \cdot 300 + 1 \cdot 600}{3} = \frac{600 + 600}{3} = 400\text{K}$   $T = 400\text{K}$ .

### ЗАДАЧА 7.

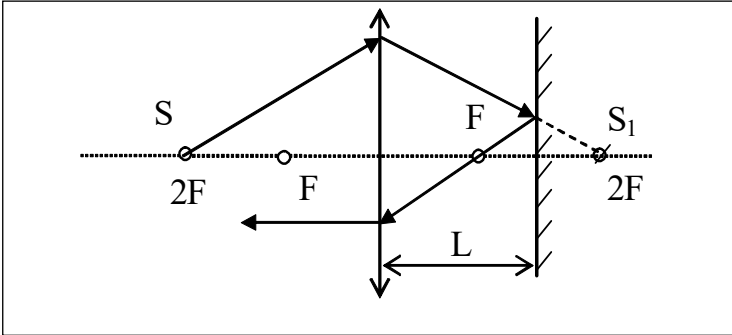
Ответ:  $A_{12} = \frac{2}{3} A_{23} = 500 \text{ Дж}$ .

В изобарном процессе 1–2 работа  $A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = (c_p - c_v) \nu \Delta T$ , где  $\Delta T = \frac{A_{23}}{\nu \cdot c_v}$ .

Тогда  $A_{12} = \frac{2}{3} A_{23} = \frac{2}{3} 750 = 500 \text{ Дж}$ .

**ЗАДАЧА 8.**

Ответ:  $L = \frac{3}{2}F = 0,15 \text{ м} = 15 \text{ см}$ .



В отсутствие плоского зеркала изображение  $S_1$  источника располагается на двойном фокусном расстоянии от линзы. Для того чтобы лучи, отраженные от зеркала, пройдя вторично через линзу, стали параллельными, необходимо, чтобы они пересекались в заднем фокусе линзы. Это произойдет в том случае, когда расстояние  $L$  между линзой и зеркалом будет равно  $\frac{3}{2}F$ , то есть  $L = \frac{3}{2}F = 0,15 \text{ м} = 15 \text{ см}$ .

**ЗАДАЧА 9.**

Ответ:  $R = \frac{1}{qB} \sqrt{2m \left( \frac{hc}{\lambda} - A \right)}$ .

$$h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}, \text{ откуда } v = \sqrt{\frac{2}{m} \left( \frac{hc}{\lambda} - A \right)} \quad (1)$$

$$\frac{mv^2}{R} + qvB, \text{ откуда } R = \frac{mv}{qB} = \frac{m}{qB} \sqrt{\frac{2}{m} \left( \frac{hc}{\lambda} - A \right)} = \frac{1}{qB} \sqrt{2m \left( \frac{hc}{\lambda} - A \right)}.$$

**ЗАДАЧА 10.**

Ответ:  $U = 240 \text{ кВ}$ .

Ёмкость сферического конденсатора  $C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} \quad (1).$

1) Напряжённость поля максимальная вблизи внутренней обкладки конденсатора

$$E_0 = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 \cdot R_1^2} \quad (2)$$

2) Максимальный заряд конденсатора  $q = CU \quad (3)$

3) Из (2) выразим заряд конденсатора  $q = E_0 \cdot 4\pi\epsilon\epsilon_0 \cdot R_1^2$ .

4) Из (3) выразим  $U$  и подставим в неё  $q$ , получим:

$$U = \frac{q}{C} = \frac{E_0 \cdot 4\pi\epsilon\epsilon_0 \cdot R_1^2 (R_2 - R_1)}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 R_2} = \frac{E_0 \cdot R_1 (R_2 - R_1)}{R_2} = 240 \cdot 10^3 \text{ В} = 240 \text{ кВ}.$$