

Шифр:

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПбГУ
2015–2016**

заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады

ФИЗИКА (11 КЛАСС)

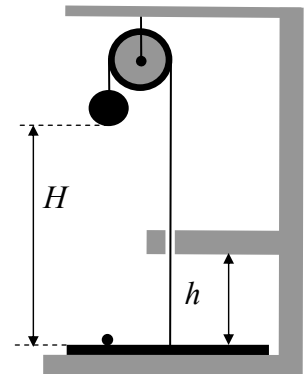
Город, в котором проводится Олимпиада _____

Дата _____

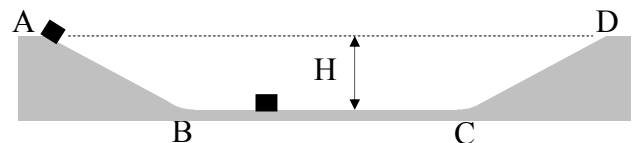
11 класс

ВАРИАНТ № 1

№1. На полу лежит тонкий круглый диск массой $m_1=1,5$ кг. К центру диска прикреплен трос, который перекинут через блок, закрепленный на потолке. К другому концу троса на высоте $H=360$ см над диском привязан тяжелый шар массой $m_2=3,5$ кг. Под этим шаром на диске лежит маленький легкий шарик. Трос проходит через отверстие в кронштейне, вмонтированном в стену на высоте $h=50$ см от пола (см. рисунок). Каким будет натяжение троса (T) после того, как шар отпустят? Через какое время (t_0) после начала движения диск ударится о кронштейн? На какую высоту над полом (h^*) подлетит шарик? До какой минимальной высоты над полом (h_{\min}) нужно поднять кронштейн, чтобы маленький шарик смог долетит до большого? Считать, что диск и большой шар мгновенно останавливаются после удара диска о кронштейн.



№2. Бетонный желоб глубиной $H=4$ м имеет в сечении вид равнобедренной трапеции (см. рисунок). Скатывающиеся АВ и CD имеют длину $L=8,5$ м каждый, которая ничтожно мала по сравнению с шириной дна BC. Между скатами и дном обеспечены плавные переходы. Маленький ящик массой $m_1=2$ кг устанавливают на краю желоба в точке «А» и отпускают. На дне в центре желоба стоит еще один ящик массой $m_2=1$ кг (см. рисунок). Дно BC и скат CD покрыты льдом и являются гладкими поверхностями. Коэффициент трения между поверхностью АВ и ящиками $\mu=1/2$. С какой скоростью (V_0) первый ящик ударится о второй? С какими скоростями (V_1 и, соответственно, V_2) будут двигаться ящики после их абсолютно упругого столкновения? На какую высоту от дна (h_2) поднимется второй ящик по склону CD? Какой окажется скорость ящиков (V^*) после их второго столкновения, если оно будет абсолютно неупругим?

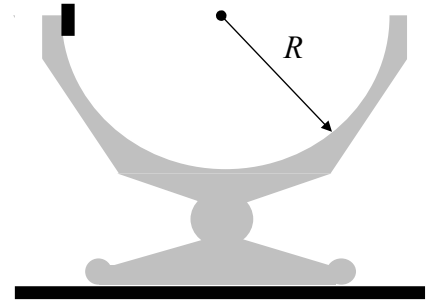


№3. В центре большого гладкого стола стоит стеклянная чаша массой M . Ее внутренняя поверхность представляет собой гладкую полусферу радиусом R . К внутреннему краю чаши плашмя прижимают монету массой m (см. рисунок) и отпускают.

Определить следующие параметры в момент прохождения монетой нижней точки чаши:

- скорость монеты (v) и чаши (V) относительно стола;
- величину смещения чаши (Δx) относительно стола;
- силу давления (N) монеты на чашу.

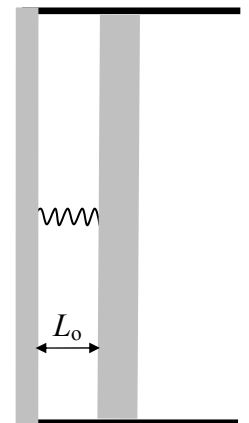
Дать ответ в общем виде и отдельно для случая $R = 24$ см, $M = 200$ г, $m = 40$ г. Размерами монеты пренебречь.



№4. В цилиндре под поршнем находится смесь воздуха и водяного пара при температуре $T = 100^\circ\text{C}$ и давлении $P_1 = 1$ атм. После изотермического сжатия смеси в 3 раза давление в цилиндре оказалось равным $P_2 = 2,8$ атм. Определить парциальное давления пара (P_n) и его плотность (ρ_n) в исходном состоянии. Считать, что воздух и водяной пар описываются уравнением Клапейрона-Менделеева.

№5. Цикл тепловой машины на одноатомном газе имеет на PV -диаграмме вид треугольника с вершинами в точках $(P_1; V_1)$, $(5P_1; V_1)$, $(5P_1; 5V_1)$. Найти КПД (η) тепловой машины. Изобразить цикл на всех трех (PV , PT и VT) диаграммах.

№6. Открытый с одного конца горизонтальный цилиндр имеет внутренний радиус R . Гладкий поршень (скользит без трения) прикреплен к дну цилиндра пружиной. Стенки цилиндра и пружина – диэлектрики, а дно и поршень – проводники. По обе стороны поршня вакуум, пружина не напряжена, и длина ее равна $L_0 \ll R$ (см. рисунок). Если с поршня снять некоторый заряд и перенести его на дно, то кулоновские силы будут сжимать пружину. При величине перенесенного заряда, равной Q , пружина сожмется до 0 и поршень коснется дна. Если же предварительно в пространство между поршнем и дном ввести 1 моль газа, то от заряда Q пружина сожмется не до 0, а до величины $L_1 = L_0/5$. Какой станет длина пружины (L_v), если при том же заряде содержание газа под поршнем довести до ν молей? Дать ответ в общем виде (L_v) и конкретно (L_0) для случая $\nu = 9$. Определить жесткость пружины (K). Считать газовые процессы изотермическими, электрическое поле между дном и поршнем однородным, а длину цилиндра неограниченной.



№7. N одинаковых маленьких шариков ртути раскатились по пластиковому полу далеко друг от друга. Каждый из них заряжен до потенциала φ_0 . Их собрали в одну сферическую каплю. Определить потенциал (φ^*) этой капли. Во сколько раз (n) изменилась плотность заряда на поверхности этой капли по сравнению с поверхностной плотностью заряда у исходных шариков? Дать ответ в общем виде и конкретно для случая $N = 27$.

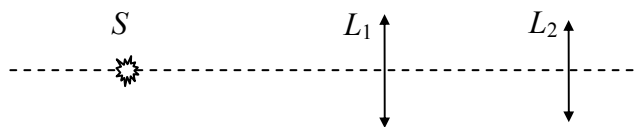
№8. Кипятильник сопротивлением $R_1 = 2 \Omega$ (символ Ω – классическое обозначение единицы «Ом»), включенный в некий источник тока, доводит воду в баке до кипения за время $T = 18$ минут. Другой кипятильник, сопротивлением $R_2 = 8 \Omega$, делает ту же работу с тем же источником за то же самое время. Чему равно внутреннее сопротивление источника r_0 ? Кипятильник с каким сопротивлением (R_x) нужно включить в этот источник, чтобы вскипятить воду за минимальное время? Чему это время (T_x) равно? Теплопотерями пренебречь.

№9. Стекла́нная призма в виде прямоугольного параллелепипеда со сторонами a , b и h лежит на гладком столе, опираясь на него своей гранью со сторонами a и b . По периметру этой опоры призма плотно стянута одним витком тонкого провода, по которому течет ток I . Плотность стекла ρ .

Включается однородное горизонтальное магнитное поле, направленное вдоль стороны b . Индукция поля B медленно возрастает. Когда величина индукции достигает некоторого порогового значения, призма приходит в движение? Каков характер этого движения? Чему равно это пороговое значение (B^*) индукции?

№10. Две собирающие линзы L_1 и L_2 с фокусными расстояниями, соответственно, $F_1 = 20\text{см}$ и $F_2 = 10\text{см}$ расположены на общей оптической оси так, что параллельный пучок лучей, падающих на одну из линз вдоль ее главной оси, выходит из другой линзы также параллельным пучком вдоль этой же оси.

На оптической оси этой системы со стороны первой линзы на расстоянии $l_1 = 40\text{см}$ от нее находится точечный источник света S (см. рисунок). Построить изображение этого источника, определить его тип (действительное или мнимое) и указать расстояния (x_1 и x_2) от него до каждой из линз.



ОЛИМПИАДА СПБГУ ПО ФИЗИКЕ. ОЧНЫЙ ТУР
 Ответы (11-й класс)

ВАРИАНТ № 1

№1 (12 баллов).

$$T=2gm_1m_2/(m_1+m_2)=21\text{Н}; \quad t_o=\sqrt{2h/a}=0,5\text{с}; \quad h^*=h(1+a/g)=70\text{см}; \quad h_{\min}=Hg/(2g+a)=1,5\text{м}.$$

№2 (12 баллов).

$$V_o=\sqrt{2al}=\sqrt{5}\text{ м/с} \approx 2,24\text{ м/с};$$

$$V_1=V_o(m_1-m_2)/(m_1+m_2) \approx 0,75\text{ м/с}; \quad V_2=2V_o m_1/(m_1+m_2) \approx 3,0\text{ м/с}$$

$$h_2=V_2^2/2g=45\text{ см}; \quad V^*=(m_1V_1-m_2V_2)/(m_1+m_2)=-0,5\text{ м/с}.$$

№3 (14 баллов).

$$v=[2gRM/(m+M)]^{1/2}=2\text{ м/с}; \quad V=vm/M=0,4\text{ м/с}; \quad \Delta x=Rm/(m+M)=4\text{см};$$

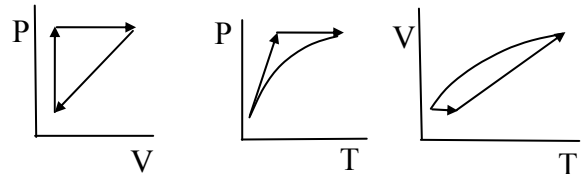
$$N=m[g+(v+V)^2/R]=mg(2m+3M)/M=1,36\text{Н}.$$

№4 (9 баллов).

$$P_{\text{пара}}=0,4\text{ атм}; \quad \rho_{\text{пара}}=0,6\rho_{100}^f=0,24\text{ г/л}.$$

№5 (9 баллов).

$$\eta=8/(1,5 \cdot 24+20) \approx 1/7 \approx 14\%.$$



№6 (12 баллов).

$$L_v=L_o\sqrt{v/5}=3L_o/5; \quad K=Q^2/(2\pi\epsilon_0R^2L_o)$$

№7 (8 баллов).

$$\varphi^*=\varphi_o N^{2/3}=9\varphi_o; \quad \sigma=\sigma_o N^{1/3}=3\sigma_o$$

№8 (8 баллов).

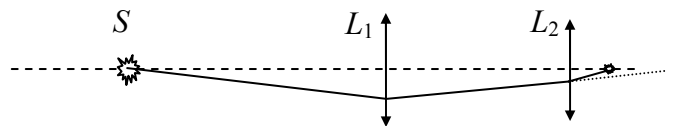
$$r_o=(R_1R_2)^{1/2}=4\ \Omega; \quad R_x=r_o=4\ \Omega; \quad T_x=16\text{ минут}.$$

№9 (8 баллов).

$$B^*=\rho ghb/2l.$$

№10 (8 баллов).

$x_1=35\text{ см}; \quad x_2=5\text{ см};$
 изображение действительное



Шифр:

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПбГУ
2015–2016**

заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады

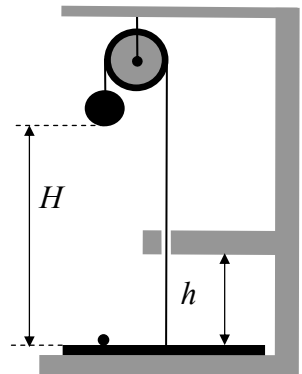
ФИЗИКА (11 КЛАСС)

Город, в котором проводится Олимпиада _____

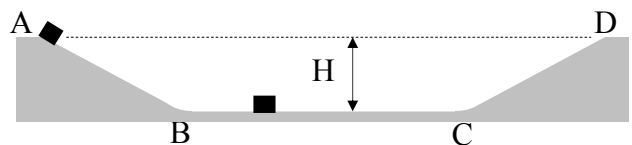
Дата _____

ВАРИАНТ № 2

№1. На полу лежит тонкий круглый диск массой $m_1=0,4$ кг. К центру диска прикреплен трос, который перекинут через блок, закрепленный на потолке. К другому концу троса на высоте $H = 330$ см над диском привязан тяжелый шар массой $m_2=0,6$ кг. Под этим шаром на диске лежит маленький легкий шарик. Трос проходит через отверстие в кронштейне, вмонтированном в стену на высоте $h = 1$ м от пола (см. рисунок). Каким будет натяжение троса (T) после того, как шар отпустят? Через какое время (t_0) после начала движения диск ударится о кронштейн? На какую высоту над полом (h^*) подлетит шарик? До какой минимальной высоты над полом (h_{\min}) нужно поднять кронштейн, чтобы маленький шарик смог долетит до большого? Считать, что диск и большой шар мгновенно останавливаются после удара диска о кронштейн.



№2. Бетонный желоб глубиной $H=5$ м имеет в сечении вид равнобедренной трапеции (см. рисунок). Скатывающиеся АВ и CD имеют длину $L = 13$ м каждый, которая ничтожно мала по сравнению с шириной дна BC. Между скатами и дном обеспечены плавные переходы. Маленький ящик массой $m_1 = 2$ кг устанавливают на краю желоба в точке «А» и отпускают. На дне в центре желоба стоит еще один ящик массой $m_2 = 1$ кг (см. рисунок). Дно BC и скат CD покрыты льдом и являются гладкими поверхностями. Коэффициент трения между поверхностью АВ и ящиками $\mu = 1/3$. С какой скоростью (V_0) первый ящик ударится о второй? С какими скоростями (V_1 и, соответственно, V_2) будут двигаться ящики после их абсолютно упругого столкновения? На какую высоту от дна (h_2) поднимется второй ящик по склону CD? Какой окажется скорость ящиков (V^*) после их второго столкновения, если оно будет абсолютно неупругим?

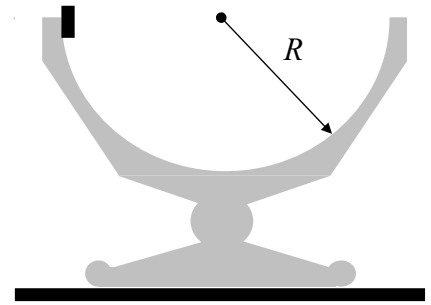


№3. В центре большого гладкого стола стоит стеклянная чаша массой M . Ее внутренняя поверхность представляет собой гладкую полусферу радиусом R . К внутреннему краю чаши плашмя прижимают монету массой m (см. рисунок) и отпускают.

Определить следующие параметры в момент прохождения монетой нижней точки чаши:

- скорость монеты (v) и чаши (V) относительно стола;
- величину смещения чаши (Δx) относительно стола;
- силу давления (N) монеты на чашу.

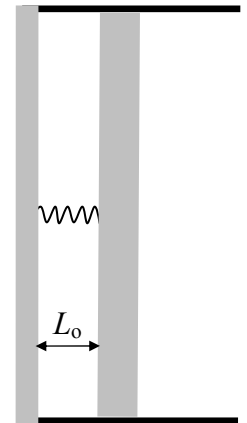
Дать ответ в общем виде и отдельно для случая $R = 25$ см, $M = 160$ г, $m = 40$ г. Размерами монеты пренебречь.



№4. В цилиндре под поршнем находится смесь воздуха и водяного пара при температуре $T = 100^\circ\text{C}$ и давлении $P_1 = 1$ атм. После изотермического сжатия смеси в 6 раз давление в цилиндре оказалось равным $P_2 = 5,8$ атм. Определить парциальные давления пара (P_n) и его плотность (ρ_n) в исходном состоянии. Считать, что воздух и водяной пар описываются уравнением Клапейрона-Менделеева.

№5. Цикл тепловой машины на одноатомном газе имеет на PV -диаграмме вид треугольника с вершинами в точках $(P_1; V_1)$, $(5P_1; 5V_1)$ и $(P_1; 5V_1)$. Найти КПД (η) тепловой машины. Изобразить цикл на всех трех (PV , PT и VT) диаграммах.

№6. Открытый с одного конца горизонтальный цилиндр имеет внутренний радиус R . Гладкий поршень (скользит без трения) прикреплен к дну цилиндра пружиной. Стенки цилиндра и пружина – диэлектрики, а дно и поршень – проводники. По обе стороны поршня вакуум, пружина не напряжена, и длина ее равна $L_0 \ll R$ (см. рисунок). Если с поршня снять некоторый заряд и перенести его на дно, то кулоновские силы будут сжимать пружину. При величине перенесенного заряда, равной Q , пружина сожмется до 0 и поршень коснется дна. Если же предварительно в пространство между поршнем и дном ввести 1 моль газа, то от заряда Q пружина сожмется не до 0, а до величины $L_1 = L_0/3$. Какой станет длина пружины (L_v), если при том же заряде содержание газа под поршнем довести до ν молей? Дать ответ в общем виде (L_v) и конкретно (L_4) для случая $\nu = 4$. Определить жесткость пружины (K). Считать газовые процессы изотермическими, электрическое поле между дном и поршнем однородным, а длину цилиндра неограниченной.



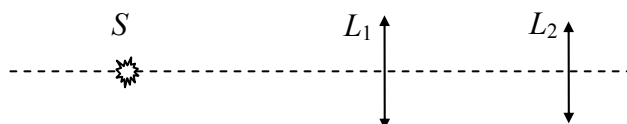
№7. Маленькая сферическая капля ртути заряжена до потенциала ϕ_0 . Упав на паркетный пол, капля разбилась на N одинаковых шариков, которые раскатились по полу далеко друг от друга. Определить потенциал (ϕ^*) каждого отдельного шарика. Во сколько раз (n) изменилась плотность заряда на поверхности шариков по сравнению с поверхностной плотностью заряда исходной капли? Дать ответ в общем виде и конкретно для случая $N = 8$.

№8. Кипятильник сопротивлением $R_1 = 3 \Omega$ (символ Ω – классическое обозначение единицы «Ом»), включенный в некий источник тока, доводит воду в чайнике до кипения за время $T = 9$ минут. Другой кипятильник, сопротивлением $R_2 = 12 \Omega$, делает ту же работу с тем же источником за то же самое время. Чему равно внутреннее сопротивление источника r_0 ? Кипятильник с каким сопротивлением (R_x) нужно включить в этот источник, чтобы вскипятить воду за минимальное время? Чему это время (T_x) равно? Теплопотери пренебречь.

№9. Стекла́нная призма в виде прямоугольного параллелепипеда со сторонами a , b и h лежит на гладком столе, опираясь на него своей гранью со сторонами a и b . По периметру этой опоры призма плотно стянута одним витком тонкого провода, по которому течет ток I . Включается однородное горизонтальное магнитное поле индукции B , направленное вдоль стороны a . Какой минимальной высотой (h_{\min}) должна обладать призма, чтобы не стронуться с места при включении поля, если стекло имеет плотность ρ ? Каким будет характер движения призмы, если высота окажется недостаточной?

№10. Две собирающие линзы L_1 и L_2 с фокусными расстояниями, соответственно, $F_1 = 30\text{см}$ и $F_2 = 15\text{см}$ расположены на общей оптической оси так, что параллельный пучок лучей, падающих на одну из линз вдоль ее главной оси, выходит из другой линзы также параллельным пучком вдоль этой же оси.

На оптической оси этой системы со стороны первой линзы на расстоянии $l_1 = 60\text{см}$ от нее находится точечный источник света S (см. рисунок). Построить изображение этого источника, определить его тип (действительное или мнимое) и указать расстояния (x_1 и x_2) от него до каждой из линз.



ОЛИМПИАДА СПБГУ ПО ФИЗИКЕ. ОЧНЫЙ ТУР
ОТВЕТЫ (11-й класс)

ВАРИАНТ № 2

№1 (12 баллов).

$$T=2gm_1m_2/(m_1+m_2)=4,8Н; \quad t_o=\sqrt{(2h/a)}=1с; \quad h^*=h(1+a/g)=120см; \quad h_{min}=Hg/(2g+a)=1,5м.$$

№2 (12 баллов).

$$V_o=\sqrt{(2al)}=\sqrt{20} м/с \approx 4,5 м/с;$$

$$V_1=V_o(m_1-m_2)/(m_1+m_2) \approx 1,5 м/с; \quad V_2=2V_o m_1/(m_1+m_2) \approx 6,0 м/с$$

$$h_2=V_2^2/2g=1,8м; \quad V^*=(m_1V_1-m_2V_2)/(m_1+m_2)=-1 м/с.$$

№3 (14 баллов).

$$v=[2gRM/(m+M)]^{1/2}=2 м/с; \quad V=vm/M=0,5 м/с; \quad \Delta x=Rm/(m+M)=5см;$$

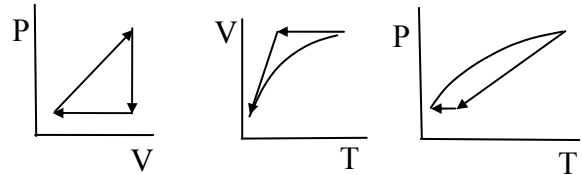
$$N=m[g+(v+V)^2/R]=mg(2m+3M)/M=1,4Н.$$

№4 (9 баллов).

$$P_{пара}=0,2 атм; \quad \rho_{пара}=0,6 \rho_{100}^f=0,12 г/л.$$

№5 (9 баллов).

$$\eta=8/(1,5 \cdot 24+12) \approx 1/6 \approx 17\%.$$



№6 (12 баллов).

$$L_v=L_o\sqrt{v/3}=2L_o/3; \quad K=Q^2/(2 \pi \epsilon_o R^2 L_o)$$

№7 (8 баллов).

$$\varphi^*=\varphi_o/N^{2/3}=\varphi_o/4; \quad \sigma=\sigma_o/N^{1/3}=\sigma_o/2$$

№8 (8 баллов).

$$r_o=(R_1R_2)^{1/2}=6 \Omega; \quad R_x=r_o=6 \Omega; \quad T_x=8 \text{ минут.}$$

№9 (8 баллов).

$$h_{min}=2BI/\rho ag.$$

№10 (8 баллов).

$x_1=52,5 см; \quad x_2=7,5см;$
 изображение действительное

