

Шифр:

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

заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады

ФИЗИКА (10 КЛАСС)

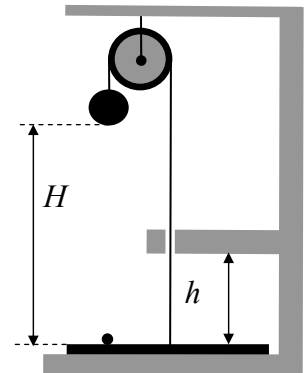
Город, в котором проводится Олимпиада _____

Дата _____

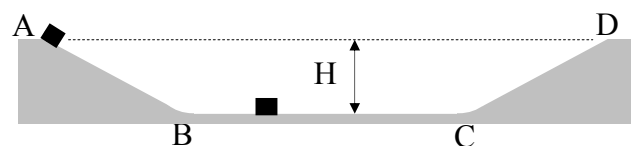
10 класс

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 AB 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 AB 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?

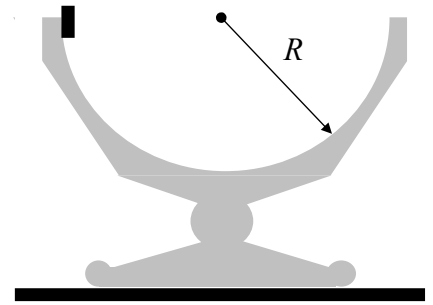


№3. В центре большого гладкого стола стоит стеклянная чаша массой M . Ее внутренняя поверхность представляет собой гладкую полусферу радиусом R . К внутреннему краю чаши плашмя прижимают монету массой m (см. рисунок) и отпускают.

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. Две бесконечные полуплоскости образуют двугранный угол φ , внутренние поверхности которого являются зеркалами. Какое максимальное число отражений может претерпеть лазерный луч, произвольно запущенный в этот зеркальный угол?

№5. 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.

№6. 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.

№7. В открытом с одного конца горизонтальном цилиндре имеется гладкий (скользит без трения) поршень. Он прикреплен к дну цилиндра пружиной. Когда по обе стороны поршня вакуум, то пружина не напряжена, и длина ее равна L_0 (см. рисунок). Если эту систему поместить в газовую атмосферу, то под поршнем останется вакуум, а внешнее давление на поршень будет сжимать пружину. При некотором значении атмосферного давления пружина сожмется до 0 и поршень коснется дна цилиндра. Если при этих условиях ввести 1 моль газа под поршень (т.е., в пространство между поршнем и дном), то от внутреннего давления пружина растянется, и длина ее станет равной $L_1 = L_0/3$. Какой будет длина пружины (L_v), если под поршень ввести не 1, а ν молей газа? Дать ответ в общем виде (L_v) и конкретно для случая $\nu = 4$ (L_4). Все процессы считать изотермическими, а длину цилиндра неограниченной.



№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? Теплопотери пренебречь.

ОЛИМПИАДА СПБГУ ПО ФИЗИКЕ. ОЧНЫЙ ТУР
Ответы (10-й класс)

ВАРИАНТ № 1

№1 (14 баллов).

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

№2 (14 баллов).

$$V_o=\sqrt{(2al)}=\sqrt{5} м/с \approx 2,24 м/с;$$
$$V_1=V_o(m_1-m_2)/(m_1+m_2) \approx 0,75 м/с; \quad V_2=2V_o m_1/(m_1+m_2) \approx 3,0 м/с$$
$$h_2=V_2^2/2g=45 см; \quad V^*=(m_1V_1-m_2V_2)/(m_1+m_2)=-0,5 м/с.$$

№3 (16 баллов).

$$v=[2gRM/(m+M)]^{1/2}=2 м/с; \quad V=vm/M=0,4 м/с; \quad \Delta x=Rm/(m+M)=4см;$$
$$N=m[g+(v+V)^2/R]=mg(2m+3M)/M=1,36Н.$$

№4 (10 баллов).

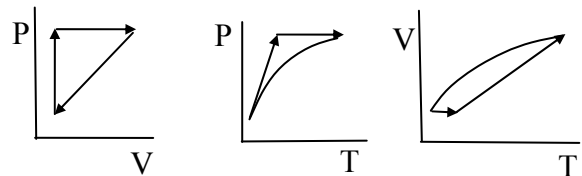
$$N_{max}=\pi/\varphi$$

№5 (11 баллов).

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

№6 (11 баллов).

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



№7 (14 баллов).

$$L_v=L_o\sqrt{v/3}=2L_o/3$$

№8 (10 баллов).

$$\kappa_{ц}=(K_1K_2)^{1/2}=4 \Omegaж \quad K_ч=\kappa_{ц}=4 \Omegaж \quad E_ч=16минутю$$

Шифр:

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

заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады

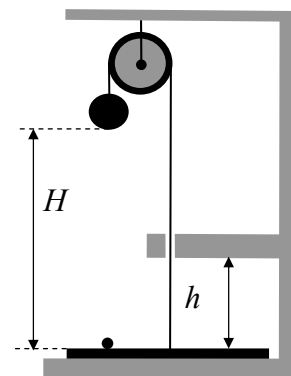
ФИЗИКА (10 КЛАСС)

Город, в котором проводится Олимпиада _____

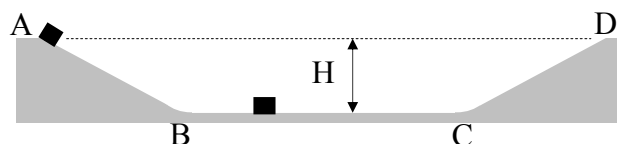
Дата _____

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 (V^*)



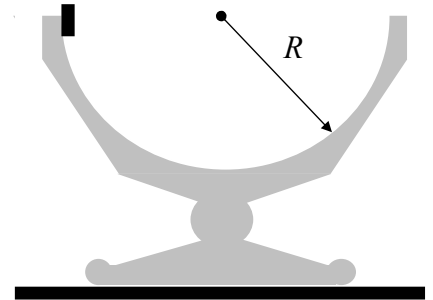
ящиков после их второго столкновения, если оно будет абсолютно неупругим?

№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. Две бесконечные полуплоскости образуют двугранный угол φ , внутренние поверхности которого являются зеркалами. При какой максимальной величине этого угла (φ_{\max}) лазерный луч, произвольно запущенный в этот зеркальный угол, претерпит не более, чем N отражений?

№5. 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 парциальное давления пара ($P_{\text{п}}$) и его плотность ($\rho_{\text{п}}$) в исходном состоянии. Считать, что воздух и водяной пар описываются уравнением Клапейрона-Менделеева.

№6. 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. (12 баллов)

№7. В открытом с одного конца горизонтальном цилиндре имеется гладкий (скользит без трения) поршень. Он прикреплен к дну цилиндра пружиной. Когда по обе стороны поршня вакуум, то пружина не напряжена, и длина ее равна L_0 (см. рисунок). Если эту систему поместить в газовую атмосферу, то под поршнем останется вакуум, а внешнее давление на поршень будет сжимать пружину. При некотором значении атмосферного давления пружина сожмется до 0 и поршень коснется дна цилиндра. Если при этих условиях ввести 1 моль газа под поршень (т.е., в пространство между поршнем и дном), то от внутреннего давления пружина растянется, и длина ее станет равной $L_1 = L_0/5$. Какой будет длина пружины (L_v), если под поршень ввести не 1, а ν молей газа? Дать ответ в общем виде (L_v) и конкретно для случая $\nu = 9$ (L_9). Все процессы считать изотермическими, а длину цилиндра неограниченной.



№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? Теплопотерями пренебречь.

ОЛИМПИАДА СПБГУ ПО ФИЗИКЕ. ОЧНЫЙ ТУР
Ответы (10-й класс)

ВАРИАНТ № 2

№1 (14 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 (14 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 (16 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 (10 баллов).

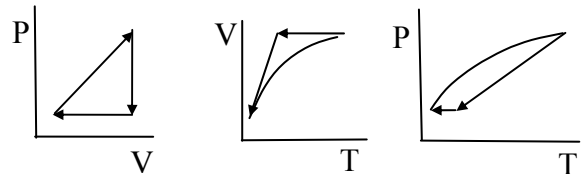
$$\varphi_{max} \geq \pi$$

№5 (11 баллов).

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

№6 (11 баллов).

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



№7 (14 баллов).

$$L_v=L_o\sqrt{v/5}=3 L_o/5.$$

№8 (10 баллов).

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