

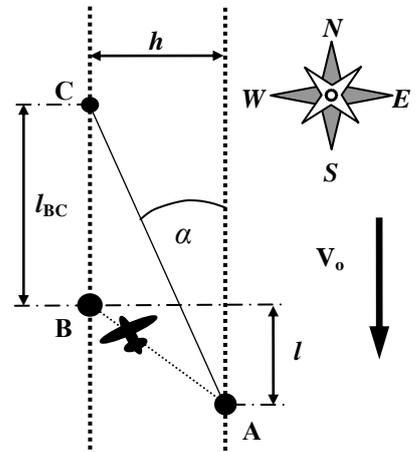


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика  
2011-2012 учебный год

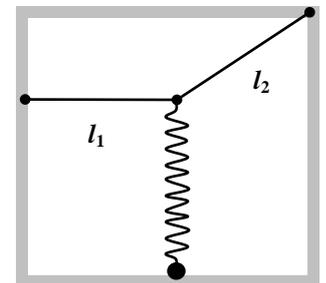
ВАРИАНТ № 5 (11 кл.)

№1. Город «А», расположен на экваторе. Из него нужно как можно быстрее перелететь на самолете в город «В», который относительно «А» расположен западнее на  $h=300$  км и севернее на  $l=160$  км. С севера ровно вдоль меридиана дует сильный ветер со скоростью  $V_0=28$  м/с (см. рис.). Для того, чтобы самолет пролетел по прямой «АВ» за минимальное время ( $T_{AB}$ ), пилот должен во время полета «выжимать» из самолета максимальную его скорость ( $V_{max}$ ) и, при этом, поддерживать определенный угол между меридианом и корпусом самолета (см. рис.). При старте этот угол ( $\alpha$ ) задается направлением на некую точку «С», расположенную на том же меридиане, что и город «В», но к северу от него на расстоянии  $l_{BC}=560$  км. Найти максимальную скорость самолета ( $V_{max}$ ), скорость самолета относительно земли при полете по прямой «АВ» ( $V_{AB}$ ) и время этого полета ( $T_{AB}$ ).

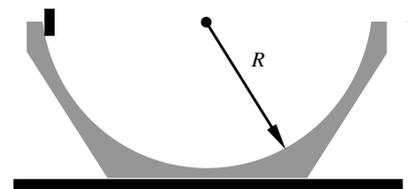


№2. В комнате высотой  $H=3$  м и такой же шириной  $L=3$  м к противоположным стенам напротив друг друга подвесили 2 легких нерастяжимых троса длиной  $l_1=2,5$  м и, соответственно,  $l_2=1,3$  м. Причем 2-й трос подвесили под самым потолком, а 1-й несколько ниже. Свободные концы тросов связали друг с другом тонким узлом, к которому на очень жесткой легкой короткой пружине подвесили маленький груз массой  $m=4,8$  кг. При этом 1-й трос принял горизонтальное положение.

- Найти натяжение тросов ( $T_1$  и  $T_2$ ), если груз не касается пола.
- Найти натяжение тросов ( $T^*_1$  и  $T^*_2$ ) при условии, что пружину заменили на более мягкую, которая под весом груза растянулась до пола (см. рисунок), причем жесткость пружины  $K=24$  Н/м, а ее длина в ненапряженном состоянии  $l_0=30$  см.
- С какой силой ( $N$ ) груз будет давить на пол в последнем случае.



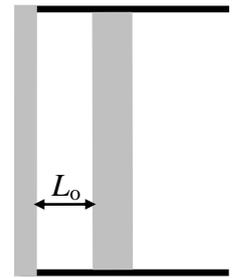
№3. На шероховатом столе стоит чаша массой  $M$ . Ее внутренняя поверхность представляет собой гладкую полусферу радиусом  $R$ . К верхнему внутреннему краю чаши плашмя прижимают монету массой  $m$  (см. рисунок) и отпускают. В результате взаимодействия с монетой чаша стронулась с места. При каком отношении масс чаши и монеты ( $\beta=M/m$ ) это возможно, если коэффициент трения между чашей и столом равен  $\mu$ ? Найти максимальное значение ( $\beta_{max}$ ) этого отношения. Каким (при некотором заданном  $\beta$ ) было бы максимальное смещение ( $x_{max}$ ) чаши по столу, если бы трение между ними отсутствовало.



№4. В открытом баллоне емкостью  $V=10$  литров находится сухой воздух при температуре  $T_0=25^\circ\text{C}$  и нормальном атмосферном давлении. В баллон добавляют  $m_1=3$  г воды, герметично закрывают и нагревают до  $T_1=100^\circ\text{C}$ . Определить давление в баллоне ( $P_1$ ). Какое количество воды ( $\Delta m$ ) необходимо добавить в баллон, чтобы давление в нем достигло максимально возможного при  $100^\circ\text{C}$  значения? Чему это давление ( $P_{max}$ ) равно? Считать, что воздух и водяные пары описываются уравнением Клапейрона-Менделеева.

№5. Цикл тепловой машины на одноатомном газе имеет на  $PV$ -диаграмме вид треугольника с вершинами в точках  $(P_1; V_1)$ ,  $(7P_1; V_1)$ ,  $(7P_1; 7V_1)$ . Найти КПД ( $\eta$ ) тепловой машины. Изобразить цикл на всех трех ( $PV$ ,  $PT$  и  $VT$ ) диаграммах.

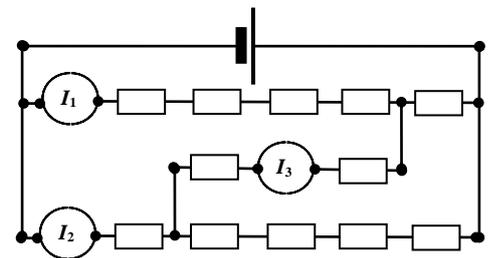
№6. Открытый с одного конца горизонтальный цилиндр с плоским дном имеет внутренний радиус  $R$ . В цилиндре имеется поршень, который может скользить по его стенкам без трения. Стенки цилиндра сделаны из диэлектрика, а дно и поршень являются проводниками. По обе стороны поршня находится воздух при атмосферном давлении  $P_0$ . Если с поршня снять некоторый заряд и перенести его на дно, то поршень займет равновесное положение на расстоянии  $L_0$  от дна (см. рисунок), причем  $L_0 \ll R$ . Поршень фиксируют в этом положении, а затем на короткое время соединяют с дном металлическим проводом, разряжая образовавшийся плоский конденсатор. После всех этих процедур поршень мгновенно отпускают, то он начнет двигаться. Описать характер этого движения. Найти величину перенесенного заряда ( $Q$ ), если максимальной скорости поршень достигнет на расстоянии  $L$  от дна. Определить возникшую при переносе заряда разность потенциалов ( $U$ ) и напряженность поля ( $E$ ) между дном и поршнем, считая это поле однородным. Все газовые процессы считать изотермическими.



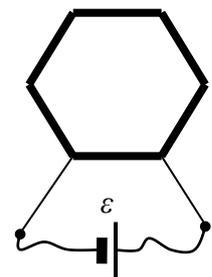
№7. На любом серийном конденсаторе обязательно указываются два номинальных параметра – его емкость  $C$  (в Фарадах) и максимально допустимое напряжение на нем  $U^*$  (в Вольтах). Например  $C$  (15мкФ ; 200В). Какое максимальное напряжение можно приложить к концам последовательной цепочки из 3-х конденсаторов с номиналами:

$$C_1(10\text{мкФ ; } 200\text{В}), \quad C_2(5\text{мкФ ; } 700\text{В}) \quad \text{и} \quad C_3(40\text{мкФ ; } 100\text{В})?$$

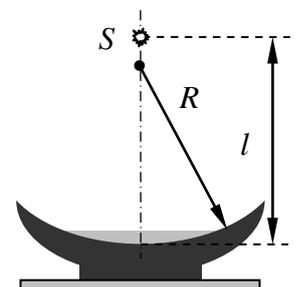
№8. В схеме на рисунке все резисторы (12 штук) одинаковы. Каждый из них имеет сопротивление  $R$ . ЭДС источника равна  $\varepsilon$ . Источник тока, соединительные провода и все три амперметра являются идеальными, т.е., имеют нулевое сопротивление. Определить показание каждого из трех амперметров ( $I_1$ ,  $I_2$  и  $I_3$ ) и полный ток ( $I_0$ ), протекающий через источник. Найти полное сопротивление ( $R^*$ ) цепи, подсоединенной к источнику. Указать разность потенциалов ( $U_{2,3}$ ) между клеммами амперметра  $I_2$  и клеммами амперметра  $I_3$ . Дать ответ в общем виде и конкретно для случая  $\varepsilon = 120 \text{ В}$ ,  $R = 10 \Omega$  (греческая «омега»  $\Omega$  – классическое обозначение единицы «Ом»).



№9. Из проволоки сделан плоский каркас в виде правильного шестиугольника со стороной  $L$ . К соседним вершинам при помощи длинных прямых проводов, направленных в центр каркаса, подведен источник постоянного тока с ЭДС, равной  $\varepsilon$ . Определить **в центре шестиугольника** величину вектора индукции магнитного поля ( $B$ ), созданного возникшими токами, если электрическое сопротивление каждой из сторон каркаса равно  $R$ , а источник тока и подводящие провода имеют нулевое сопротивление.



№10. На столе стоит неглубокое круглое блюдо. Его внутренняя поверхность представляет собой сегмент зеркальной сферы. Над центром блюда на высоте  $l$  от его дна висит точечный источник света  $S$ . В блюде наливают очень тонкий слой жидкости (см. рисунок). Фокусное расстояние этой оптической системы без жидкости ( $F_0$ ) и с жидкостью ( $F_1$ ) считать известным. В обоих случаях найти высоту изображения источника ( $h_0$  и  $h_1$ , соответственно). Определить радиус зеркальной сферы ( $R$ ) и показатель преломления жидкости ( $n$ ). Поверхность жидкости считать плоской. Любыми отражениями света от нее пренебречь.



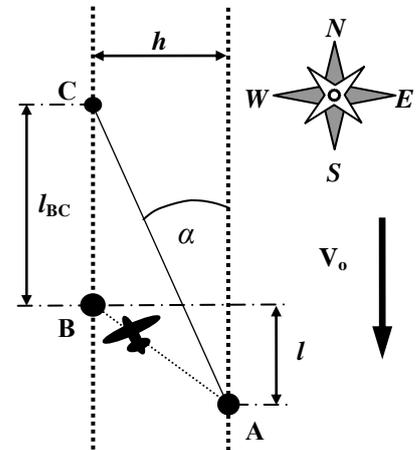


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика  
2011-2012 учебный год

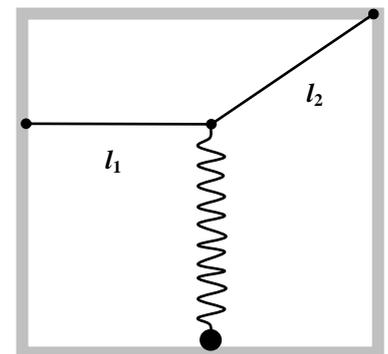
ВАРИАНТ № 6 (11 кл.)

№1. Город «А», расположен на экваторе. Из него нужно как можно быстрее перелететь на самолете в город «В», который относительно «А» расположен западнее на  $h=160$  км и севернее на  $l=120$  км. Максимальная скорость самолета  $V_{\max} = 51$  м/с. С севера ровно вдоль меридиана дует сильный ветер. Для того, чтобы самолет пролетел по прямой «АВ» за минимальное время ( $T_{AB}$ ), пилот должен во время полета «выжимать» из самолета максимальную его скорость ( $V_{\max}$ ) и, при этом, поддерживать определенный угол между меридианом и корпусом самолета (см. рис.). При старте этот угол ( $\alpha$ ) задается направлением на некую точку «С», расположенную на том же меридиане, что и город «В», но к северу от него на расстоянии  $l_{BC}=180$  км. Найти скорость встречного ветра ( $V_0$ ), скорость самолета относительно земли при полете по прямой «АВ» ( $V_{AB}$ ) и время этого полета ( $T_{AB}$ ).

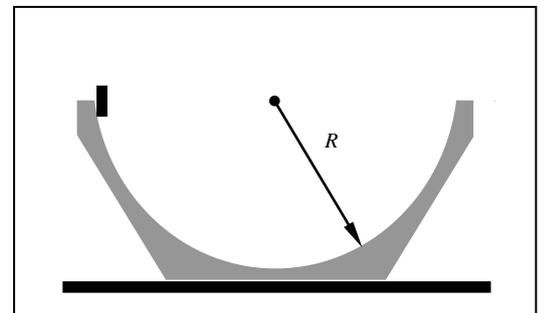


№2. В комнате высотой  $H=2,5$  м и шириной  $L=3$  м к противоположным стенам напротив друг друга подвесили 2 легких нерастяжимых троса длиной  $l_1 = 1,5$  м и, соответственно,  $l_2 = 1,7$  м. Причем 2-й трос подвесили под самым потолком, а 1-й несколько ниже. Свободные концы тросов связали друг с другом тонким узлом, к которому на очень жесткой легкой короткой пружине подвесили маленький груз массой  $m = 7,5$  кг. При этом 1-й трос принял горизонтальное положение.

- Найти натяжение тросов ( $T_1$  и  $T_2$ ) при условии, что груз не коснулся пола.
- Найти натяжение тросов ( $T^*_1$  и  $T^*_2$ ) при условии, что пружину заменили на более мягкую, которая под весом груза растянулась до пола (см. рисунок), причем жесткость пружины  $K = 40$  Н/м, а ее длина в ненапряженном состоянии  $l_0 = 20$  см.
- С какой силой ( $N$ ) груз будет давить на пол в последнем случае.



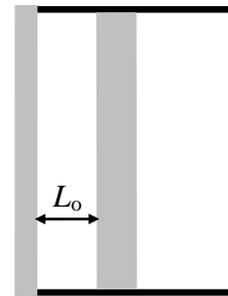
№3. На шероховатом столе стоит тонкостенная чаша массой  $M$ . Ее внутренняя поверхность представляет собой гладкую полусферу радиусом  $R$ . К верхнему внутреннему краю чаши плашмя прижимают монету массой  $m$  (см. рисунок) и отпускают. При каком минимальном коэффициенте трения между чашей и полом ( $\mu_{\min}$ ) чаша не стронется с места? Каким было бы ее максимальное смещение по столу ( $x_{\max}$ ), если бы трение между ними отсутствовало? Размерами монеты пренебречь.



№4. В открытом баллоне емкостью  $V=20$  литров находится сухой воздух при температуре  $T_0 = 38^\circ\text{C}$  и нормальном атмосферном давлении. В баллон добавляют  $m_1 = 9$  г воды, герметично закрывают и нагревают до  $T_1 = 100^\circ\text{C}$ . Определить давление в баллоне  $P_1$ . Какое количество воды ( $\Delta m$ ) необходимо добавить в баллон, чтобы давление в нем достигло максимально возможного при  $100^\circ\text{C}$  значения? Чему это давление ( $P_{\max}$ ) равно? Считать, что воздух и водяные пары описываются уравнением Клапейрона-Менделеева.

№5. Цикл тепловой машины на одноатомном газе имеет на  $PV$ -диаграмме вид треугольника с вершинами в точках  $(P_1; V_1)$ ,  $(7P_1; 7V_1)$  и  $(P_1; 7V_1)$ . Найти КПД ( $\eta$ ) тепловой машины. Изобразить цикл на всех трех ( $PV$ ,  $PT$  и  $VT$ ) диаграммах.

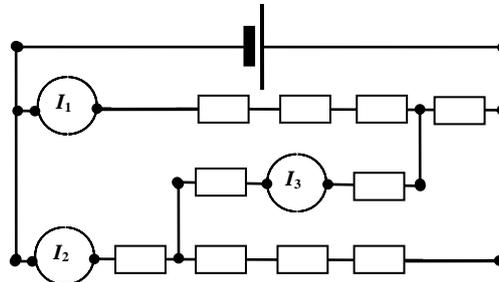
№6. В открытом с одного конца горизонтальном цилиндре с плоским дном и внутренним радиусом  $R$  имеется поршень, который может скользить по стенкам без трения. Стенки цилиндра сделаны из диэлектрика, а дно и поршень – проводники. По обе стороны поршня находится воздух при атмосферном давлении  $P_0$ , а сам поршень уравновешен на расстоянии  $L_0$  от дна (см. рисунок). С поршня снимают заряд  $q$  и переносят его на дно. На каком расстоянии от дна ( $L_q$ ) поршень займет новое равновесное положение? Его фиксируют в этом положении, а затем на короткое время соединяют металлическим проводом с дном, разряжая образовавшийся плоский конденсатор. После всех этих процедур поршень мгновенно отпускают. На каком расстоянии от дна ( $L_V$ ) поршень достигнет максимальной скорости? Найти возникшую при переносе заряда разность потенциалов ( $U$ ) и напряженность поля ( $E$ ) между дном и поршнем, считая это поле однородным ( $L_0 \ll R$ ). Все газовые процессы считать изотермическими.



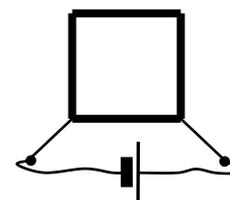
№7. На любом серийном конденсаторе обязательно указываются два номинальных параметра – его емкость  $C$  (в Фарадах) и максимально допустимое напряжение на нем  $U^*$  (в Вольтах). Например  $C$  (15мкФ ; 200В). Какое максимальное напряжение можно приложить к концам последовательной цепочки из 3-х конденсаторов с номиналами:

$$C_1(25\text{мкФ} ; 250\text{В}), C_2(10\text{мкФ} ; 500\text{В}) \text{ и } C_3(5\text{мкФ} ; 1200\text{В})?$$

№8. В схеме на рисунке все резисторы (10 штук) одинаковы. Каждый из них имеет сопротивление  $R$ . ЭДС источника равна  $\varepsilon$ . Источник тока, соединительные провода и все три амперметра являются идеальными, т.е., имеют нулевое сопротивление. Определить показание каждого из трех амперметров ( $I_1$ ,  $I_2$  и  $I_3$ ) и полный ток ( $I_0$ ), протекающий через источник. Найти полное сопротивление ( $R^*$ ) цепи, подсоединенной к источнику. Указать разность потенциалов ( $U_{1,3}$ ) между клеммами амперметра  $I_1$  и клеммами амперметра  $I_3$ . Дать ответ в общем виде и конкретно для случая  $\varepsilon = 112\text{ В}$ ,  $R = 8\ \Omega$  (греческая «омега»  $\Omega$  – классическое обозначение единицы «Ом»).



№9. Из проволоки сделан плоский каркас в виде квадрата со стороной  $L$ . К соседним его вершинам при помощи длинных прямых проводов, направленных в центр каркаса, подведен источник постоянного тока с ЭДС, равной  $\varepsilon$ . Определить **в центре квадрата** величину вектора индукции магнитного поля ( $B$ ), созданного возникшими токами, если электрическое сопротивление каждой из сторон каркаса равно  $R$ , а источник тока и подводящие провода имеют нулевое сопротивление.



№10. На столе стоит неглубокое круглое блюдо. Его внутренняя поверхность представляет собой сегмент зеркальной сферы радиуса  $R$ . Над центром блюда на высоте  $l$  от его дна висит точечный источник света  $S$ . В блюде наливают очень тонкий слой жидкости с показателем преломления  $n$  (см. рисунок). Определить фокусное расстояние этой оптической системы без жидкости ( $F_0$ ) и с жидкостью ( $F_1$ ). В обоих случаях найти высоту изображения источника ( $h_0$  и  $h_1$ , соответственно). Поверхность жидкости считать плоской. Любыми отражениями света от нее пренебречь.

