

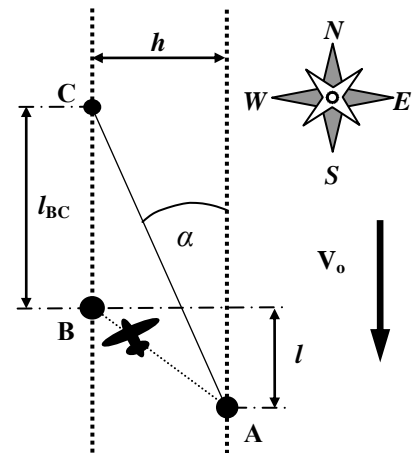


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

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

ВАРИАНТ № 5 (10 кл.)

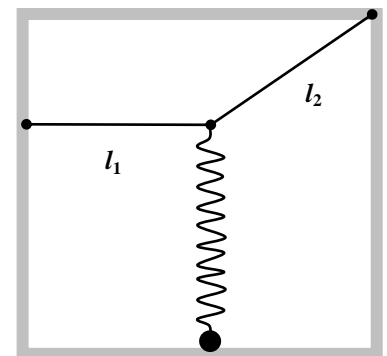
№1. Город «А», расположен на экваторе. Из него нужно как можно быстрее перелететь на самолете в город «В», который относительно «А» расположен западнее на $h=300$ км и севернее на $l=160$ км. С севера ровно вдоль меридиана дует сильный ветер со скоростью $V_0=28$ м/с (см. рис.). Для того, чтобы самолет 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. При старте этот угол (α) задается направлением на некую точку «С» (см. рис.), 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. На гладком полу на некотором расстоянии друг от друга стоят 2 клина одинаковой высоты $h=96$ см и массами $M_1=5$ кг и $M_2=4$ кг, соответственно. Их вогнутые наклонные поверхности обращены навстречу друг другу и обе по касательной выходят на плоскость пола. На вершине первого клина удерживается тележка массой $m=1$ кг, которую в некоторый момент отпускают без толчка (см. рисунок). Найти скорость 1-го клина (V_1) в момент, когда с него съедет тележка. С какой силой (N) тележка будет давить на второй клин в момент въезда на него, если радиус кривизны его наклонной поверхности $R=2$ м? Определить высоту (h^*), на которую тележка поднимется по 2-му клину и скорость этого клина (V_2) в момент, когда тележка с него съедет. Размерами тележки и трением пренебречь



№3. 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. При этом 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) 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 $K=24$ Н/м, а ее длина в ненапряженном состоянии $l_0=30$ см.
- С какой силой (N) груз будет давить на пол в последнем случае.

№4. Планета Нептун вращается вокруг Солнца по орбите, форма которой лишь незначительно отличается от окружности. Средний радиус орбиты Нептуна (R_H) превосходит средний радиус земной орбиты вокруг Солнца (R_3) примерно в 30 раз ($R_H/R_3 \approx 30$). Оценить (в земных годах) период (T_H) обращения Нептуна вокруг Солнца.

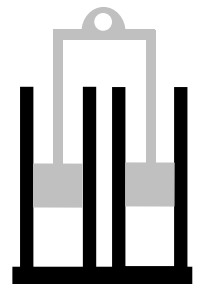
№5. В открытом баллоне емкостью $V = 10$ литров находится сухой воздух при температуре $T_0 = 25^\circ\text{C}$ и нормальном атмосферном давлении. В баллон добавляют $m_1 = 3$ г воды, герметично закрывают и нагревают до $T_1 = 100^\circ\text{C}$. Определить давление в баллоне (P_1). Какое количество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

№6. Цикл тепловой машины на одноатомном газе имеет на PV -диаграмме вид треугольника с вершинами в точках $(P_1; V_1)$, $(7P_1; V_1)$, $(7P_1; 7V_1)$. 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. Поршни двух одинаковых цилиндров жестко связаны общей тягой так, что объемы под поршнями всегда равны друг другу. Цилиндры с одного конца открыты и находятся под атмосферным давлением P_0 (см. рисунок). В обоих цилиндрах под поршнями находятся одинаковые массы воздуха при атмосферной температуре T_0 . Первый цилиндр теплоизолируют и охлаждают до температуры T^* , оставляя второй цилиндр в прежних условиях. Найти давление в первом (P_1) и во втором (P_2) цилиндрах. Трением поршней о стенки цилиндра, а также массами тяги и поршней пренебречь.



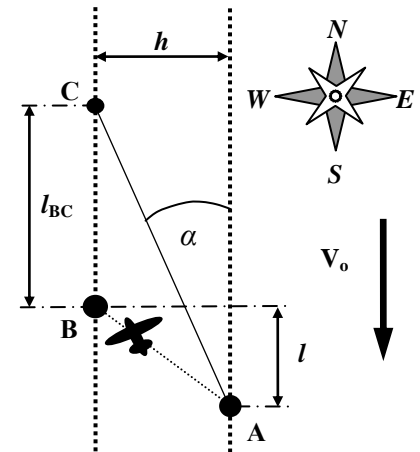


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

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

ВАРИАНТ № 6 (10 кл.)

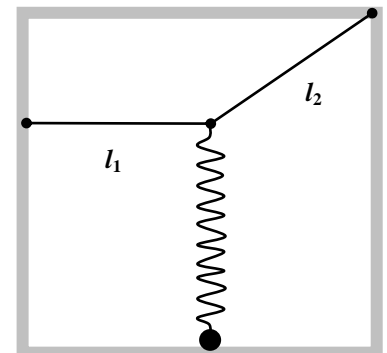
№1*. Город «А», расположен на экваторе. Из него нужно как можно быстрее перелететь на самолете в город «В», который относительно «А» расположен западнее на $h=160$ км и севернее на $l=120$ км. Максимальная скорость самолета $V_{\max}=51$ м/с. С севера ровно вдоль меридиана дует сильный ветер. Для того, чтобы самолет пролетел по прямой «АВ» за минимальное время (T_{AB}), пилот должен во время полета «выжимать» из самолета его максимальную скорость и, при этом, поддерживать определенный угол между меридианом и корпусом самолета. При старте этот угол (α) задается направлением на некую точку «С» (см. рис.), 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*. На гладком полу на некотором расстоянии друг от друга стоят 2 клина одинаковой высоты $h=60$ см и массами $M_1=3$ кг и $M_2=7$ кг, соответственно. Их вогнутые наклонные поверхности обращены навстречу друг другу и обе имеют плавный переход на плоскость пола. На вершине первого клина удерживается тележка массой $m=1$ кг, которую в некоторый момент отпускают без толчка (см. рисунок). Найти скорость 1-го клина (V_1) в момент, когда с него съедет тележка. С какой силой (N) тележка будет давить на второй клин в момент въезда на него, если радиус кривизны его наклонной поверхности $R=2$ м? Определить высоту (h^*), на которую тележка поднимется по 2-му клину и скорость этого клина (V_2) в момент, когда тележка с него съедет. Размерами тележки и трением пренебречь.



№3*. 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.

№4*. Планета Сатурн вращается вокруг Солнца по орбите, форма которой лишь незначительно отличается от окружности. Средний радиус орбиты Сатурна (R_C) превосходит средний радиус земной орбиты вокруг Солнца (R_3) примерно в 10 раз ($R_C / R_3 \approx 10$). Оценить (в земных годах) период (T_C) обращения Сатурна вокруг Солнца.

№5. №5. 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 $m_1 = 9\text{г}$ воды, герметично закрывают и нагревают до $T_1 = 100^\circ\text{C}$. Определить давление в баллоне P_1 . Какое количество воды (Δm) необходимо добавить в баллон, чтобы давление в нем достигло максимально возможного при 100°C значения? Чему это давление (P_{max}) равно? Считать, что воздух и водяные пары описываются уравнением Клапейрона-Менделеева.

№6. Цикл тепловой машины на одноатомном газе имеет на PV -диаграмме вид треугольника с вершинами в точках $(P_1; V_1)$, $(7P_1; 7V_1)$ и $(P_1; 7V_1)$. 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 $L_1 = L_0/5$. 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*. Поршни двух одинаковых цилиндров жестко связаны общей тягой так, что объемы под поршнями всегда равны друг другу. Цилиндры с одного конца открыты и находятся под атмосферным давлением P_0 (см. рисунок). В обоих цилиндрах под поршнями находятся одинаковые массы воздуха при атмосферной температуре T_0 . Первый цилиндр теплоизолируют и нагревают до температуры T^* , оставляя второй цилиндр в прежних условиях. Найти давление в первом (P_1) и во втором (P_2) цилиндрах. Трением поршня о стенки цилиндра, а также массами тяги и поршней пренебречь.

