

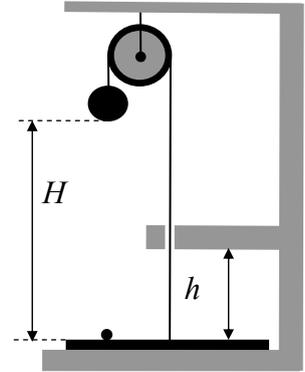


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика
2011-2012 учебный год

Вариант I (9 кл).

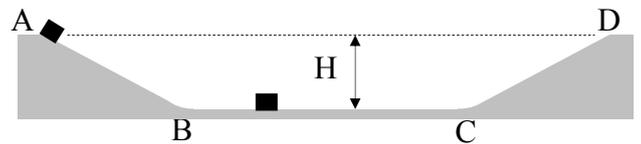
ЗАДАЧА № 1.

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 долететь до большого? Считать, что диск и большой шар мгновенно останавливаются после удара диска о кронштейн.



ЗАДАЧА № 2.

Бетонный желоб глубиной $H=4$ м имеет в сечении вид равнобедренной трапеции (см. рисунок). Скатывания 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 гладкие 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?



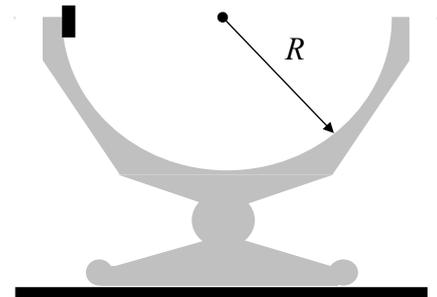
ЗАДАЧА № 3.

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.



ЗАДАЧА № 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?

ЗАДАЧА № 5.

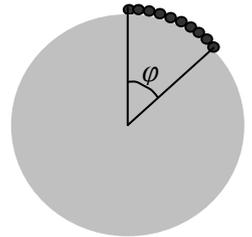
Сколько раз в течение часа секундная и минутная стрелки обыкновенных часов со стандартным циферблатом окажутся во взаимно перпендикулярном положении? Изменится ли ответ (и как) для кварцевых часов, у которых стрелки перемещаются скачками?

ЗАДАЧА № 6.

Ящик с грузом общей массой m нужно тащить по горизонтальному покрытию при помощи веревки. Вербку необходимо использовать простейшим способом, без «хитростей», т.е., привязать к ящику только одним концом и тянуть за другой. Ее нельзя складывать в несколько раз. Какой минимальной прочностью на разрыв (T^*) должна обладать эта веревка, если коэффициент трения между ящиком и покрытием равен μ ? Какую минимальную работу надо совершить, чтобы протащить ящик на расстояние L ? Дать ответ в общем виде и отдельно для случая $m = 20$ кг, $\mu = \frac{3}{4}$, $L = 50$ м.

ЗАДАЧА № 7.

Тонкая тяжелая цепочка одним своим концом закреплена в вершине гладкого сферического купола. Второй ее конец свободен. Таким образом, цепочка свободно облегает купол по его «меридиану», образуя дугу, составляющую центральный угол φ (см. рисунок). Затем закрепленный на куполе конец отпускают. С каким ускорением (a) цепочка начнет соскальзывать с купола, если $\varphi = 60^\circ$?



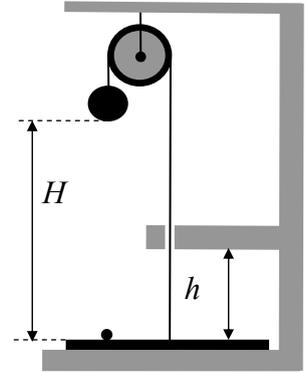


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика
2011-2012 учебный год

Вариант II (9 кл).

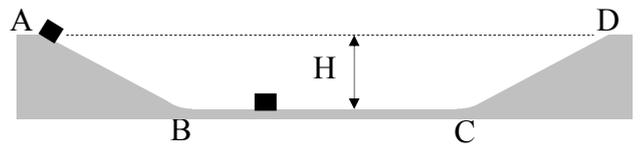
ЗАДАЧА № 1.

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 долететь до большого? Считать, что диск и большой шар мгновенно останавливаются после удара диска о кронштейн.



ЗАДАЧА № 2.

Бетонный желоб глубиной $H=5$ м имеет в сечении вид равнобедренной трапеции (см. рисунок). Скатывания АВ и CD имеют длину $L=13$ м каждый, которая ничтожно мала по сравнению с шириной дна BC. Между скатами и дном обеспечены плавные гладкие 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?



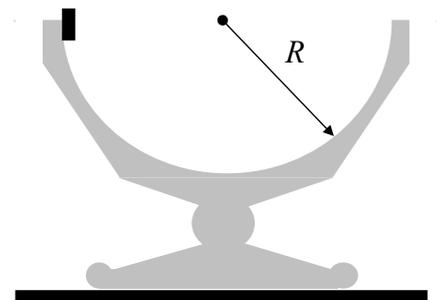
ЗАДАЧА № 3.

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.



ЗАДАЧА № 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?

ЗАДАЧА № 5.

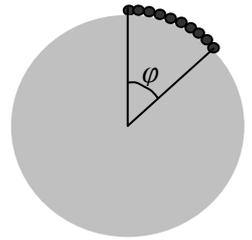
Сколько раз в течение часа секундная и минутная стрелки обыкновенных часов со стандартным циферблатом окажутся во взаимно перпендикулярном положении? Изменится ли ответ (и как) для кварцевых часов, у которых стрелки перемещаются скачками?

ЗАДАЧА № 6.

Ящик с грузом общей массой m нужно тащить по горизонтальному покрытию при помощи не очень длинной веревки. Поэтому веревку необходимо использовать самым простым способом, без «хитростей», т.е., один ее конец привязать к ящику, а за другой тянуть. Ее нельзя складывать в несколько раз. Какой минимальной прочностью на разрыв (T^*) должна обладать эта веревка, если коэффициент трения между ящиком и покрытием равен μ ? Какую минимальную работу надо совершить, чтобы протащить санки на расстояние L ? Дать ответ в общем виде и отдельно для случая $m = 16,9$ кг, $\mu = 5/12$, $L = 50$ м.

ЗАДАЧА № 7.

Тонкая тяжелая цепочка одним своим концом закреплена в вершине гладкого сферического купола. Второй ее конец свободен. Таким образом, цепочка свободно облегает купол по его «меридиану», образуя дугу, составляющую центральный угол φ (см. рисунок). Затем закрепленный на куполе конец отпускают. С каким ускорением (a) цепочка начнет соскальзывать с купола, если $\varphi = 45^\circ$?





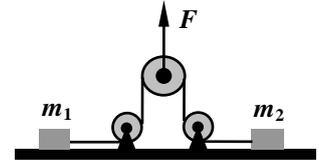
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

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

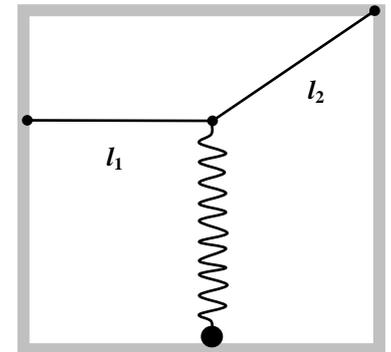
ВАРИАНТ № 3 (9 кл.)

№1. Грузы $m_1 = 4\text{ кг}$ и $m_2 = 1\text{ кг}$ лежат на шероховатом полу. Их коэффициенты трения о пол не одинаковы и равны, соответственно, $\mu_1 = 1/8$ и $\mu_2 = 1/2$. Грузы связаны легким тросом через систему невесомых блоков (см. рисунок). Участки троса, не касающиеся блоков, занимают горизонтальное и, соответственно, вертикальное положение. Трение между тросом и блоками исключает их взаимное проскальзывание (т.е., блоки вращаются с соответствующими скоростями). В момент времени $t_0 = 0$ на ось центрального блока начинает действовать вверх сила $F = 18\text{ Н}$.

На какую величину (x_1) сократится начальная дистанция между грузами к моменту времени $t_1 = 0,4\text{ с}$? На этот же момент определить скорость (V_0) и ускорение (a_0) подъема центрального блока, а также его угловую скорость (ω_0), угловое ускорение (ϵ_0) и направление вращения вокруг своей оси (относительно часовой стрелки). Радиус верхнего блока $R = 15\text{ см}$.



№2. В комнате высотой $H = 3\text{ м}$ и такой же шириной $L = 3\text{ м}$ к противоположным стенам напротив друг друга подвесили 2 легких нерастяжимых троса длиной $l_1 = 2,5\text{ м}$ и, соответственно, $l_2 = 1,3\text{ м}$. 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 $m = 4,8\text{ кг}$. 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 $K = 24\text{ Н/м}$, а ее длина в ненапряженном состоянии $l_0 = 30\text{ см}$.
- С какой силой (N) груз будет давить на пол в последнем случае.

№3. На гладком полу на некотором расстоянии друг от друга стоят 2 клина одинаковой высоты $h = 96\text{ см}$ и массами $M_1 = 5\text{ кг}$ и $M_2 = 4\text{ кг}$, соответственно. Их вогнутые наклонные поверхности обращены навстречу друг другу и обе по касательной выходят на плоскость пола. На вершине первого клина удерживается тележка массой $m = 1\text{ кг}$, которую в некоторый момент отпускают без толчка (см. рисунок). Найти скорость 1-го клина (V_1) в момент, когда с него съедет тележка. 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.



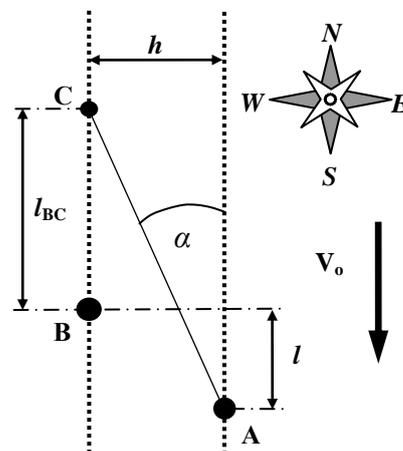
№4. Планета Нептун вращается вокруг Солнца по орбите, форма которой лишь незначительно отличается от окружности. Средний радиус орбиты Нептуна (R_H) превосходит средний радиус земной ор-

биты 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. На снегу стоят сани (без спинки) массой $m_1 = 6$ кг. На них лежит ящик массой $m_2 = 4$ кг. Какую минимальную горизонтальную силу (F_{\min}) надо приложить к саням, чтобы выдернуть их из-под ящика? Коэффициенты трения саней о снег $\mu_1 = 0,1$, а ящика о сани $\mu_2 = 1/2$.

№6. В вагоне на столе стоит цилиндрический пластиковый стакан высотой $H = 12$ см и массой $M = 30$ г. Заполненный до краев стакан вмещает $m = 240$ г воды. Вагон плавно трогается с места и начинает двигаться с нарастающим ускорением. При какой величине ускорения (a_0) опрокинется полный стакан? При какой величине ускорения ($a_{1/2}$) опрокинется стакан, заполненный водой наполовину? До какого уровня (h^*) нужно заполнить стакан, чтобы его центр масс оказался на поверхности воды? Показать, что это самое низкое положение центра масс из всех возможных у стакана с водой и, следовательно, устойчивость его к опрокидыванию будет в этом случае максимальной. При какой величине ускорения (a^*) такой стакан опрокинется. Считать, что поверхность воды в стакане всегда остается горизонтальной, а трение между столом и стаканом исключает возможность проскальзывания. Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³. Толщиной стенок стакана и массой его дна пренебречь.

№7. 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}).





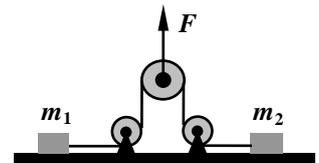
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

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

ВАРИАНТ № 4 (9 кл.)

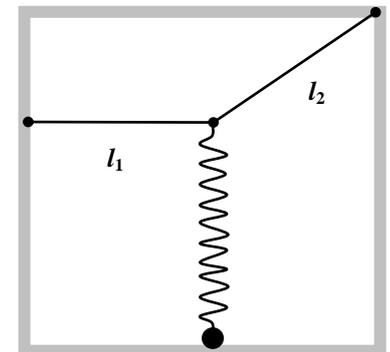
№1. Грузы $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг лежат на шероховатом полу. Их коэффициенты трения о пол не одинаковы и равны, соответственно, $\mu_1 = 1/2$ и $\mu_2 = 1/4$. Грузы связаны легким тросом через систему невесомых блоков (см. рисунок). Участки троса, не касающиеся блоков, занимают горизонтальное и, соответственно, вертикальное положение. Трение между тросом и блоками исключает их взаимное проскальзывание (т.е., блоки вращаются с соответствующими скоростями). В момент времени $t_0 = 0$ на ось центрального блока начинает действовать вверх сила $F = 12$ Н.

На какую величину (x_1) сократится начальная дистанция между грузами к моменту времени $t_1 = 0,4$ с? На этот же момент определить скорость (V_0) и ускорение (a_0) подъема центрального блока, а также его угловую скорость (ω_0), угловое ускорение (ε_0) и направление вращения вокруг своей оси (относительно часовой стрелки). Радиус верхнего блока $R = 10$ см.



№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 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. 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.



№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. На снегу стоят сани массой $m_1 = 8\text{ кг}$. На них лежит ящик массой $m_2 = 12\text{ кг}$. Какую минимальную горизонтальную силу (F_{\min}) надо приложить к ящику, чтобы сдвинуть его с саней? Коэффициенты трения саней о снег $\mu_1 = 0,1$, а ящика о сани $\mu_2 = 1/2$.

№6. В вагоне на столе стоит цилиндрический пластиковый стакан высотой $H = 10\text{ см}$ и массой $M = 10\text{ г}$. Заполненный до краев стакан вмещает $m = 150\text{ г}$ воды. Вагон плавно трогается с места и начинает двигаться с нарастающим ускорением. При какой величине ускорения (a_0) опрокинется полный стакан? При какой величине ускорения ($a_{1/2}$) опрокинется стакан, заполненный водой наполовину? До какого уровня (h^*) нужно заполнить стакан, чтобы его центр масс оказался на поверхности воды? Показать, что это самое низкое положение центра масс из всех возможных у стакана с водой и, следовательно, устойчивость его к опрокидыванию будет в этом случае максимальной. При какой величине ускорения (a^*) такой стакан опрокинется. Считать, что поверхность воды в стакане всегда остается горизонтальной, а трение между столом и стаканом исключает возможность проскальзывания. Плотность воды $\rho = 1000\text{ кг/м}^3$. Толщиной стенок стакана и массой его дна пренебречь.

№7. Город «А», расположен на экваторе. Из него нужно как можно быстрее перелететь на самолете в город «В», который относительно «А» расположен западнее на $h = 160\text{ км}$ и севернее на $l = 120\text{ км}$. Максимальная скорость самолета $V_{\max} = 51\text{ м/с}$. 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 $l_{BC} = 180\text{ км}$. Найти скорость встречного ветра (V_0), скорость самолета относительно земли при полете по прямой «АВ» (V_{AB}) и время этого полета (T_{AB}).

