Критерии проверки. Решения.

Всероссийская олимпиада школьников II (муниципальный) этап

Физика **10 класс**

Общее время выполнения заданий – 4 часа.

Общие замечания по проверке

Задачи проверяются на основе 100 – балльной шкалы, что позволит более корректно расставить участников по местам. После распределения мест, при желании, можно вернуться к 10-балльной системе, простым делением полученных баллов на 10. Максимально возможный балл определяется сложностью задачи и приводится отдельно для каждой задачи.

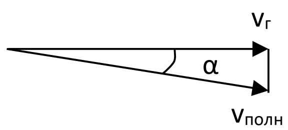
Приводятся возможные решения задач. Если участник предлагает свое решение, которое эквивалентно приведенному, то оно оценивается по тем же критериям. Если же решение участника нерациональное, длинное, то рекомендуется оценивать его на 10 – 15 баллов ниже. Если решение, приведенное участником, более рациональное, чем рекомендуемое (такое бывает), то это следует поощрять начислением дополнительных баллов по общему согласованному решению жюри.

Задание 1

Лёгкий самолёт может планировать с выключенным мотором с минимальной постоянной горизонтальной скоростью 150 км/ч под углом 5° к горизонту (при попытке уменьшить скорость или угол самолёт свалится в штопор). Оцените, какую минимальную силу тяги должен создавать движитель самолёта, чтобы он мог взлететь с полосы. Масса самолёта M = 2 тонны. Считайте, что корпус самолёта всегда параллелен направлению его скорости.

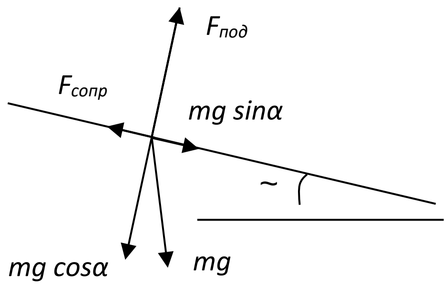
Решение

При планировании с минимальной постоянной горизонтальной скоростью $v_г$ = 150 км/ч под углом α = 5° к горизонту полная скорость $v_{полн}$ самолета практически равна горизонтальной:



$$v_г = v_{полн} \cdot \cos\sim = v_{полн} \cdot 0{,}996 \approx v_{полн} .$$

Из этого следует, что при взлете самолета скорость должна быть не меньше 150 км/ч. При этом подъемная сила уравновесит силу тяжести. Действительно, при планировании подъемная сила практически равна силе тяжести:



$$F_{под} = mg \cdot \cos{\sim} = mg \cdot 0{,}996 \approx mg\ .$$

Сила сопротивления воздуха при планировании будет равна

$$F_{сопр} = mg \cdot \sin{\sim} = 2000 \cdot 10 \cdot 0{,}087 = 1740\ H\ .$$

Такой же она будет при взлете самолета и такую силу тяги должен создавать движитель самолёта

Максимальный балл – 60. Получено решение с правильным ответом.

50 баллов. Идея решения верна, но сделаны математические ошибки.

30 баллов. Пояснено, что взлетная скорость самолета должна быть равна 150 км/ч.
До 15 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 2

Школьник утром вскипятил чайник и стал его остужать, чтобы успеть попить чай до ухода в школу. Он обнаружил, что температура чайника понизилась со 100 °С до 95 °С за 5 минут, пока чайник стоял на столе на кухне, где температура воздуха была 20 °С. Школьник решил ускорить остывание чайника, для чего засунул его в холодильник, где температура составляла 0 °С. При этом температура чайника понизилась от 95 °С до 90 °С за 4 мин 12 сек. Решив ещё ускорить остывание, школьник выставил чайник за окно, на улицу, где температура была равна – 20 °С. За сколько времени чайник остынет на улице от 90 ° С до 85 °С?

Решение

Очевидно, что скорость остывания чайника зависит от разности температур чайника и окружающего его воздуха. Из приведённых в условии задачи данных можно получить, что эта зависимость прямо пропорциональная:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \alpha(T_{\text{ср}} - T_0),$$

где $T_{\text{ср}}$ — средняя температура чайника за время остывания Δt. Действительно, выразим из написанного уравнения коэффициент α и вычислим его, используя данные из условия задачи:

$$\alpha_1 = \frac{\Delta T_1/\Delta t_1}{T_{\text{ср}1} - T_{01}} = \frac{5\ {}^\circ\text{C}/5\ \text{мин}}{97{,}5\ {}^\circ\text{C} - 20\ {}^\circ\text{C}} \approx 0{,}01290\ \text{мин}^{-1},$$

$$\alpha_2 = \frac{\Delta T_2/\Delta t_2}{T_{\text{ср}2} - T_{02}} = \frac{5\ {}^\circ\text{C}/4{,}2\ \text{мин}}{92{,}5\ {}^\circ\text{C} - 0\ {}^\circ\text{C}} \approx 0{,}01287\ \text{мин}^{-1},$$

то есть с хорошей точностью $\alpha_1 \approx \alpha_2$. Поэтому искомое время:

$$\Delta t_3 = \frac{\Delta T_3}{\alpha(T_{\text{ср}3} - T_{03})} \approx 3{,}6\ \text{мин} = 3\ \text{мин}\ 36\ \text{сек}.$$

Ответ может быть записан и в общем виде. С учётом того, что $\Delta T_1 = \Delta T_2 = \Delta T_3$, можно получить:

$$\Delta t_3 = \frac{T_{\text{ср}1} - T_{01}}{T_{\text{ср}3} - T_{03}} \Delta t_1 \approx 3{,}6\ \text{мин}.$$

Максимальный балл – 80. Проведен анализ, получено решение с правильным ответом.

60 баллов. Идея решения верна. Ответ получен неверно из-за ошибок в выкладках.
40 баллов. Использована идея о пропорциональности скорости остывания чайника разности его температуры и температуры окружающей среды.
До 20 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 3

Санки длиной L = 80 см скользят горизонтально по снегу и останавливаются, частично выехав на асфальт. Определите время торможения, если трение о снег отсутствует, а коэффициент трения об асфальт « = 0,4. Масса санок распределена по их длине равномерно.

Решение

Так как масса санок распределена по длине равномерно, то сила трения будет линейно нарастать при смещении по асфальту:

$$F_{тр}(x) = m_x g«, \qquad \text{где} \quad m_x = x\, m/L,$$

$$\text{тогда} \quad F_{тр} = g«x\, m/L.$$

Сила трения направлена против смещения и пропорциональна этому смещению

$$F = -k\,x, \quad \text{где} \quad k = m«g/L,$$

следовательно, мы имеем ситуацию, аналогичную той, которая наблюдается при колебаниях, например при колебаниях груза на пружине. Поэтому эти два процесса будут описываться одинаковыми уравнениями.

Уменьшение скорости санок будет происходить так же, как уменьшение скорости при отклонении груза от положения равновесия. Скорость убывает от максимального значения до нуля. При этом время будет равно четверти периода колебаний.

Период колебаний равен:

$$T = 2®\sqrt{\frac{m}{k}}\ .$$

$$t = \frac{T}{4} = \frac{®}{2}\sqrt{\frac{mL}{m«g}} = \frac{®}{2}\sqrt{\frac{L}{«g}} = 0{,}7c.$$

Максимальный балл – 100. Проведен анализ, получено решение с правильным ответом.

80 баллов. Идея решения верна. Ответ получен неверно из-за ошибок в выкладках.
50 баллов. Найдена пропорциональность останавливающей силы и смещения санок по асфальту, аналогичная пропорциональности возвращающей силы и смещения при колебаниях.

До 30 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 4

Трамвай массой m = 22,5 т движется со скоростью v = 36 км/ч по горизонтальному пути. Коэффициент трения μ = 0,01, напряжение в линии U = 500 В, общий КПД двигателя и передачи η = 75%. Определить силу тока в моторе. С какой скоростью будет двигаться трамвай вверх по горе с уклоном α = 0,03, потребляя ту же мощность?

Решение

При движении по горизонтальному пути мощность расходуется на преодоление силы трения, поэтому можем записать:

$$P = F_{тр} v = « \, m \, g \, v \, .$$

$$¦ = \frac{P_{пол}}{P_{затр}} \, , \quad P_{затр} = I \cdot U \, , \text{ тогда } \quad P_{пол} = ¦ \cdot IU \, .$$

Из первого и последнего выражений получим:

$$« \, m \, g \, v = ¦ \cdot IU \, .$$

откуда

$$I = \frac{« \, m \, g \, v}{¦ \, U} = 60 A \, .$$

При движении по наклонной поверхности горы на трамвай, кроме силы трения будет действовать проекция силы тяжести, направленная вдоль поверхности. В этом случае можем записать

$$P = F_1 v_1 \quad \text{и} \quad P = v_1 (« \, m \, g + mg \cdot \sin \sim) \, ,$$

при малых значениях $\sim$ можем принять $\sin \sim \approx \sim$, тогда

$$P = v_1 (« \, m \, g + mg \sim) = v_1 mg (« + \sim) \, .$$

По условию задачи мощность не изменилась

$$P = v « \, m \, g = v_1 mg (« + \sim) \, ,$$

отсюда

$$v_1 = \frac{« \, v}{« + \sim} = 2{,}5 \; м / с \, .$$

Максимальный балл – 80. Проведен анализ, получено решение с правильным ответом.

70 баллов. Идея решения верна. Ответ получен неверно из-за ошибок в выкладках.
40 баллов. Правильно найдена величина тока или правильно решена вторая часть задачи.

До 20 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 5

Расстояние между двумя точечными источниками света L = 32 см. Где следует поместить между ними собирающую линзу с фокусным расстоянием F = 12 см, чтобы изображения обоих источников оказались в одной точке?

Решение

Очевидно, что изображение одного источника будет действительным, а другого – мнимым. Пусть a_1 – расстояние от первого источника до линзы, a_2 – от второго, b_1 – расстояние от линзы до изображения первого источника и b_2 – расстояние от линзы до изображения второго источника, тогда можем записать:

$$\frac{1}{a_1}+\frac{1}{b_1}=\frac{1}{F} \quad \text{и} \quad \frac{1}{a_2}-\frac{1}{b_2}=\frac{1}{F},$$

второе изображение мнимое. Выразим a_1 и a_2

$$a_1=\frac{b_1F}{b_1-F}, \quad a_2=\frac{b_2F}{b_2+F}.$$

По условию $a_1 + a_2 = L$, тогда $\frac{b_1F}{b_1-F}+\frac{b_2F}{b_2+F}=L$, (1)

по условию $b_1 = b_2$, подставив в уравнение (1), получим

$$b_1=F\sqrt{\frac{L}{L-2F}}=12\cdot\sqrt{\frac{32}{32-24}}=24\ см,$$

тогда a_1 = 24 см и a_2 = 8 см.

Максимальный балл – 100. Проведен анализ, получено решение с правильным ответом.

80 баллов. Идея решения верна. Ответ получен неверно из-за ошибок в выкладках.
50 баллов. Правильно написаны формулы для собирающей линзы.

До 30 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.