Отборочный этап Олимпиады школьников по профилю «Физика»
10 класс
Вариант 1

1. Велосипедист, двигаясь вдоль длинного прямого проспекта, заметил, что автобусы маршрута КМ1, движущиеся ему навстречу, встречаются вдвое чаще, чем догоняющие его попутные автобусы того же маршрута. Считая скорости велосипеда и автобуса постоянными, а интервалы движения автобусов данного маршрута в обе стороны одинаковыми, определите, во сколько раз скорость автобуса больше скорости велосипедиста? Ответ округлите до десятых.

Решение.

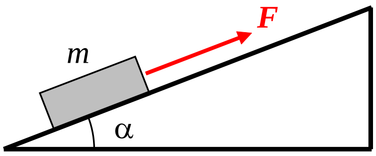
$$\frac{t_{попутн.}}{t_{встречн.}} = \frac{v_а + v_в}{v_а - v_в} = n = 2, \Rightarrow \frac{v_а}{v_в} = \frac{n+1}{n-1} = 3.$$

Ответ. 3

Критерии оценивания

Дан верный ответ.	6
Задание решено неверно.	0

2. На наклонной плоскости с углом наклона α = 30° находится брусок массы m = 3 кг (см. рис). К нему приложена сила F = 10 Н, направленная параллельно плоскости. Чему равна сила трения, действующая на брусок, если коэффициент трения бруска о плоскость равен μ = 0,3? Ускорение свободного падения g = 10 м/с^2. Ответ дайте в ньютонах, округлив его до десятых.



Решение. Максимальная сила трения $F_{тр.\max} = \mu mg\cos\alpha = 7{,}8$ Н. Т.к. $mg\sin\alpha - F = 5$ Н < $F_{тр.\max}$, то брусок покоится, поэтому $F_{тр.} = mg\sin\alpha - F = 5$ Н.

Ответ. 5

Критерии оценивания

Дан верный ответ.	6
Задание решено неверно.	0

3. Автомобиль массой m = 1000 кг разгоняется с места, так что пройденный им путь s прямо пропорционален квадрату скорости v^2: $s = kv^2$, где k = 0,1 с^2/м. Чему равна суммарная работа всех сил, действующих на автомобиль за первые t = 6 с разгона? Ответ дайте в килоджоулях, округлив его до целых.

Решение. При равноускоренном движении: (с v_0 = 0) $v^2 = 2as$. Значит движение автомобиля равноускоренное и его ускорение $a = \frac{1}{2k} = 5$ м/с^2. Тогда

$$A = Fs = ma\frac{at^2}{2} = \frac{ma^2t^2}{2} = 450 \text{ кДж.}$$

Ответ. 450

Критерии оценивания

Дан верный ответ.	6
Задание решено неверно.	0

Отборочный этап Олимпиады школьников по профилю «Физика»
10 класс
Вариант 1

4. Автомобиль разгоняется на прямолинейной трассе. Отрезок АВ этой трассы он проходит с постоянным ускорением, при этом скорость автомобиля в точке А равна $V_A = 3$ м/с, а в точке В – $V_B = 21$ м/с. Пусть точка С соответствует моменту времени, равному половине времени прохождения отрезка АВ, а точка D – моменту прохождения середины отрезка АВ. Приведите в ответе значение разности мгновенных скоростей автомобиля V_C и V_D в точках С и D в метрах в секунду (м/с), т.е. ($V_C - V_D$), округлив это значение до десятых.

Решение. Обозначим a – ускорение автомобиля, T – время прохождения отрезка АВ. Тогда

$$\begin{cases} V_B = V_A + aT, \\ V_C = V_A + a\dfrac{T}{2}, \end{cases} \Rightarrow V_C = \frac{V_A + V_B}{2} = 12 \text{ м/с.}$$

Пусть s – длина отрезка АВ, тогда

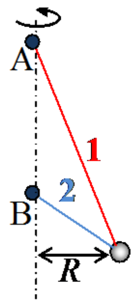
$$\begin{cases} V_B^2 - V_A^2 = 2as, \\ V_D^2 - V_A^2 = 2a\dfrac{s}{2}, \end{cases} \Rightarrow V_D = \sqrt{\frac{V_A^2 + V_B^2}{2}} = 15 \text{ м/с.} \Rightarrow V_C - V_D = -3 \text{ м/с.}$$

Ответ. –3

Критерии оценивания

Дан верный ответ.	10
Задание решено неверно.	0

5. Если к точке А вертикальной оси прикрепить нить 1 и подвесить на нее шарик, то шарик будет вращаться в горизонтальной плоскости с угловой скоростью $\omega_1 = 4$ рад/с по окружности радиуса R вокруг вертикальной оси. Если шарик подвесить на нити 2 к точке В, находящейся на той же самой оси вращения, то он будет вращаться по окружности радиуса R, но уже с угловой скоростью $\omega_2 = 6$ рад/с (см. рис.). Нити – невесомые и нерастяжимые, остаются натянутыми в процессе вращения. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2. Чему равно расстояние между точками А и В? Ответ дайте в сантиметрах, округлив его до целых.



Решение. Рассмотрим сначала вращение шарика на нити 1. Пусть α_1 – угол между нитью и вертикалью при вращении шарика, T_1 – сила натяжения нити 1, m – масса шарика. Тогда

$$\begin{cases} T\sin\alpha_1 = m\omega_1^2 R, \\ T\cos\alpha_1 = mg. \end{cases} \Rightarrow \operatorname{tg}\alpha_1 = \frac{\omega_1^2 R}{g}.$$

При вращении шарика на нити 2, получим аналогичное соотношение: $\operatorname{tg}\alpha_2 = \dfrac{\omega_2^2 R}{g}$.

Отборочный этап Олимпиады школьников по профилю «Физика»
10 класс
Вариант 1

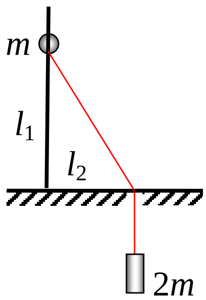
Т.к. $\mathrm{tg}\,\alpha_1 = \dfrac{R}{h_1}$, а $\mathrm{tg}\,\alpha_2 = \dfrac{R}{h_2}$, где h_1 и h_2 – расстояния от точек А и В соответственно до центра вращения шарика в обоих случаях. Тогда $AB = h_1 - h_2 = g\left(\dfrac{1}{\omega_1^2} - \dfrac{1}{\omega_2^2}\right) = 0,347$ м = 35 см.

Ответ. 35

Критерии оценивания

Дан верный ответ.	10
Задание решено неверно.	0

6. Вертикальная гладкая спица прикреплена к горизонтальному столу. На спицу надета небольшая бусинка массой m. Бусинку удерживают на высоте l_1 = 40 см от стола. К бусинке прикреплена невесомая нерастяжимая нить, которая продета через отверстие в столе, находящееся на расстоянии l_2 = 30 см от основания спицы (см. рис.). К другому вертикальному концу нити прикреплен груз массой $2m$. Бусинку отпускают, и она падает вниз вдоль спицы. Найдите скорость бусинки в момент, когда она достигнет основания спицы. Ускорение свободного падения g = 10 м/с^2. В процессе движения системы нить остается натянутой, трение отсутствует. Ответ дайте в м/с, округлив его до десятых.



Решение. Длина кусочка нити от бусинки до отверстия в начальный момент времени равна $l = \sqrt{l_1^2 + l_2^2} = 0,5$ м. Пусть v – скорость бусинки в некоторый момент времени после начала движения бусинки, тогда скорость груза равна $v\cos\alpha$, где α – угол, который образует в этот момент указанный выше кусочек нити, с вертикальной спицей. В момент времени, когда бусинка достигнет основания спицы, угол α = 90°, что означает, что скорость груза в этот момент равна нулю. Запишем закон сохранения энергии для начального и конечного (когда бусинка достигнет основания спицы) моментов времени: $mgl_1 - 2mgh_0 = \dfrac{mv^2}{2} - 2mg(l + h_0 - l_2)$, где h_0 – положение груза относительно поверхности стола в начальный момент времени. $\Rightarrow$ $v = \sqrt{2g(l_1 + 2l - 2l_2)} = 4$ м/с.

Ответ. 4

Критерии оценивания

Дан верный ответ.	10
Задание решено неверно.	0

7. Для того чтобы уложиться в нормативное время спортсмен-марафонец должен пробегать каждый километр за 8,5 минут. Спортсмен тренируется на беговой дорожке стадиона длиной L = 150 метров. Он пробегает до конца беговой дорожки с постоянной скоростью, равной нормативной, затем разворачивается и бежит с той же скоростью в обратную сторону. Тренер контролирует спортсмена и движется вместе с ним по этой же беговой дорожке со скоростью 4 км/ч. Всякий раз, когда спортсмен встречается с тренером, тренер разворачивается и продолжает двигаться в ту же сторону, что и спортсмен. В начальный момент спортсмен и тренер находятся в точке старта и начинают тренировку по свистку тренера, двигаясь в одном направлении. Тренировка длится очень долго, без перерывов, в заданном темпе. Какой путь пройдет тренер между двумя последовательными моментами встречи спортсмена и тренера спустя большой промежуток времени после начала тренировки? Ответ дайте в метрах, округлив его до целых. Временем разворота в противоположную сторону спортсмена и тренера пренебречь.

Решение. Обозначим: v – скорость спортсмена, u – скорость тренера. Считаем, что нулевая встреча произошла в точке старта ($l_0 = 0$ от точки старта), а первая встреча происходит уже после того, как спортсмен первый раз пробежит полностью расстояние L, по беговой дорожке, затем развернется в конечной точке и встретится с тренером на расстоянии l_1 от конечной точки (назовем ее точкой финиша). Тогда время первой встречи равно $t_1 = \dfrac{L+l_1}{v} = \dfrac{L-l_1}{u}$, $\Rightarrow$ $l_1 = L\dfrac{v-u}{v+u} = L\gamma$, где $\gamma = \dfrac{v-u}{v+u} < 1$.

Обозначим через l_n и l_{n+1} расстояния от ближайших концов беговой дорожки, где спортсмен совершил очередной поворот до точек n-й и (n+1)-й встречи. Время (n+1)-й встречи равно $t_{n+1} = \dfrac{L-l_n+l_{n+1}}{v} = \dfrac{L-l_n-l_{n+1}}{u}$, $\Rightarrow$ $l_{n+1} = (L-l_n)\gamma$. Предположим, что l_n стремится к некоторому предельному значению l_∞ при $n\to\infty$. Найдем l_∞: $l_\infty = (L-l_\infty)\dfrac{(v-u)}{v+u}$, $\Rightarrow$ $l_\infty = \dfrac{L(v-u)}{2v}$. Докажем, что это предел существует. Пусть $\Delta_n = l_n - l_\infty$. Тогда $\Delta_{n+1} = l_{n+1} - l_\infty = (L-l_n)\gamma - l_\infty = (L-\Delta_n - l_\infty)\gamma - l_\infty = -\Delta_n\gamma$. Это означает, что величины $|\Delta_n|$ образуют бесконечно убывающую геометрическую прогрессию, т.е. $|\Delta_n| \to 0$ при $n\to\infty$.

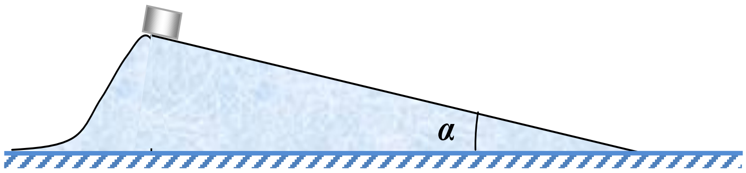
Спустя большой промежуток времени после начала тренировки, путь, пройденный тренером между двумя последовательными моментами встречи со спортсменом, равен $S_\infty = L - 2l_\infty = L\dfrac{u}{v} = \dfrac{150\text{м}\cdot 4\text{км}/60\,\text{мин}}{1\text{км}/8{,}5\text{мин}} = 85\,\text{м}$.

Ответ. 85

Критерии оценивания

Дан верный ответ.	17
Задание решено неверно.	0

8. На горизонтальной поверхности льда находится подвижная горка, один склон которой имеет плоскую поверхность, наклоненную под углом α = 30° к горизонту (см. рис.). Сначала горку удерживают, так, что она остается неподвижной, а шайба, находящаяся на вершине горки и отпущенная без толчка, скатывается по наклонной поверхности горки. Измеряют время t_1, за которое шайба съезжает с горки на лед. Затем горку отпускают, так что она может скользить по поверхности льда, и снова измеряют время t_2, за которое шайба, отпущенная с вершины горки без толчка, съезжает с наклонной поверхности горки на лед. Оказалось, что время t_1 больше, чем время t_2 в k = 1,085 раза. Трением между шайбой и горкой, а также трением между горкой и льдом во втором случае, можно пренебречь. Чему равно отношение массы горки к массе шайбы? Ответ округлите до десятых.



Решение.

1) В случае неподвижной горки, ускорение шайбы равно $a_1 = g\sin\alpha$, $s = \dfrac{a_1 t_1^2}{2}$, где s – расстояние пройденной шайбой от вершины горки до поверхности льда.

2) Пусть теперь горка может двигаться по льду. Обозначим массы горки и шайбы M и m соответственно, силу нормальной реакции, действующей со стороны горки на шайбу (и аналогичную силу давления шайбы на горку) N, ускорение горки $\vec{a}$, ускорение шайбы в системе отсчета, связанной с горкой $\vec{a}'$, тогда в неподвижной системе отсчета, связанной со льдом, ускорение шайбы равно $a_2 = \vec{a}' + \vec{a}$.

Запишем в неподвижной системе отсчета, связанной со льдом, уравнение движения горки в проекции на горизонтальную ось x и уравнения движения шайбы, в проекциях на оси параллельные наклонной поверхности горки x_2 и перпендикулярной ей y_2.

$$\begin{cases} x: N\sin\alpha = Ma, \\ x_2: mg\sin\alpha = m(a' - a\cos\alpha), \\ y_2: N - mg\cos\alpha = -ma\sin\alpha. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = \dfrac{mg\sin\alpha\cos\alpha}{M + m\sin^2\alpha}, \\ a' = g\sin\alpha \cdot \dfrac{M+m}{M + m\sin^2\alpha}. \end{cases}$$

Тогда $s = \dfrac{a' t_2^2}{2}$, $\Rightarrow$ $a_1 t_1^2 = a' t_2^2$. По условию, $\dfrac{t_1}{t_2} = k$, $\Rightarrow$ $a_1 k^2 = a'$. $\Rightarrow$ $\dfrac{M}{m} = \dfrac{1 - k^2\sin^2\alpha}{k^2 - 1} = 3{,}98$.

Ответ. 4,0

Критерии оценивания

Дан верный ответ.	18
Задание решено неверно.	0

9. Обычный бытовой кипятильник имеет форму спирали. Если кипятильник подключить к постоянному напряжению U = 220 В, то он нагреется за время τ_1 = 2 минуты от начальной температуры t_0 = 20°С до температуры t_1 = 120°С. До какой температуры нагреется кипятильник за время τ_2 = 3 минуты 15 секунд, если его начальная температура t_0 = 20°С, при подключении его к тому же напряжению U? При нагревании до температуры t сопротивление спирали увеличивается по закону $R(t) = R_0(1+\alpha(t-t_0))$, где R_0 – сопротивление спирали при температуре t_0 = 20°С, температурный коэффициент сопротивления $\alpha = 4\cdot10^{-3}$ (°С)$^{-1}$. Потерями на излучение и теплообмен с окружающей средой пренебречь. Ответ дайте в градусах Цельсия (°С), округлив его до целых.

Решение. Количество теплоты, выделившееся за небольшой промежуток времени $\Delta\tau_j$, идет на нагревание кипятильника на Δt_j (°С). $\Delta Q_j = \dfrac{U^2}{R}\Delta\tau_j = C\Delta t_j$, где C – теплоемкость кипятильника. Подставим $R = R_0\left(1 + \alpha(t_j - t_0)\right)$. $\Rightarrow$ $Q = \sum_j \dfrac{U^2}{R_0}\Delta\tau_i = \sum_j C\left(1 + \alpha(t_j - t_0)\right)\Delta t_j$.

Сумма в правой части этого выражения равна площади под графиком функции $C\left(1+\alpha(t-t_0)\right)$ при изменении температуры от t_0 до t_1. $\Rightarrow \dfrac{U^2}{CR_0}\tau_1=\left(1+\dfrac{\alpha}{2}(t_1-t_0)\right)(t_1-t_0)$.

Аналогичное выражение получим во втором случае: $\dfrac{U^2}{CR_0}\tau_2=\left(1+\dfrac{\alpha}{2}(t_2-t_0)\right)(t_2-t_0)$.

Обозначим $k=\dfrac{U^2}{CR_0}\tau_1=\left(1+\dfrac{\alpha}{2}(t_1-t_0)\right)(t_1-t_0)=$ 120°C, тогда для $\Delta t_2=t_2-t_0$ получим квадратное уравнение: $\dfrac{\alpha}{2}\Delta t_2^2+\Delta t_2-k\dfrac{\tau_2}{\tau_1}=0$. Положительный корень этого уравнения равен $\Delta t_2=\dfrac{-1+\sqrt{1+2\alpha k\dfrac{\tau_2}{\tau_1}}}{\alpha}=150$ °C, $\Rightarrow t_2=\Delta t_2+t_0=170$ °C.

Ответ. 170

Критерии оценивания

Дан верный ответ.	17
Задание решено неверно.	0