ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!» ПО ФИЗИКЕ.

2023/24 учебный год, ЗАДАНИЕ ЗАОЧНОГО ТУРА. 7,8 и 9 классы.

Часть I (с варьируемыми данными, проверялись ответы): пример варианта.

Вопрос 1 (7 баллов):

По кольцевой соревновательной трассе двигалась с постоянной скоростью модель автомобиля. Полный круг она проезжала за 175 с. На ту же трассу выехала вторая модель, ехавшая с большей постоянной скоростью. Она совершала обгон первой каждые 350 с. В некоторый момент первая модель развернулась и поехала по трассе с прежней скоростью, но в другом направлении. Найдите интервал времени между встречами моделей при новом их движении. Ответ запишите в секундах, с точностью до целого значения, без указания единиц измерения.

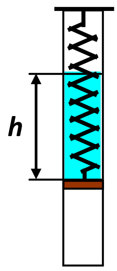
Ответ: 70.

Комментарий: Пусть L – длина трассы. Тогда, как следует из условия:

$$\left\{\begin{aligned} v_1 &= \frac{L}{t_1} \\ v_2 - v_1 &= \frac{L}{T} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{L}{T'} = v_2 + v_1 = \frac{L}{T} + 2\frac{L}{t_1} \Rightarrow T' = \frac{Tt_1}{2T + t_1} = 70 \text{ с.}$$

Вопрос 2 (8 баллов):

В гладкой вертикальной трубке, открытой сверху и снизу, может перемещаться невесомый горизонтальный поршень. Его прикрепили к концу невесомой вертикальной пружины, второй конец которой закреплен на перекладине, опирающейся на верхний край трубки (см. рисунок). В трубку над поршнем медленно наливают жидкость. Когда высота столба жидкости в трубке h сравнялась с длиной пружины в недеформированном состоянии L_0, длина пружины оказалась на 84% больше L_0. На сколько процентов максимально возможная длина пружины (из тех величин, которые могут быть достигнуты в процессе наливания жидкости), больше L_0? Ответ запишите с точностью до целого значения.



Ответ: 525.

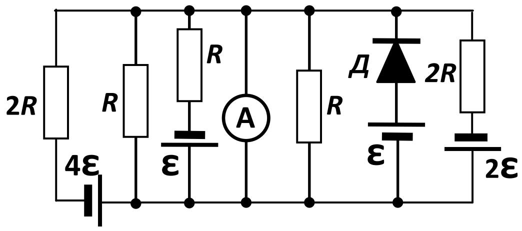
Комментарий: Пусть S – площадь сечения трубки, ρ – плотность жидкости, g – ускорение свободного падения. Поскольку трубка открыта с обоих концов, атмосферное давление не влияет на равновесие поршня, которое обеспечивается равенством силы упругости пружины и силы тяжести, действующей на жидкость: $k(L - L_0) = \rho g S h$. Поэтому, из заданного значения $\rho g S = 0{,}84k \Rightarrow L(h) = L_0 + 0{,}84 \cdot h$. Максимальная возможная длина пружины будет достигнута, когда столб жидкости достигнет верхнего края трубки, то есть при $h = L(h)$. Значит,

$$0{,}16 \cdot L_{max} = L_0 \Rightarrow \frac{L_{max} - L_0}{L_0} = \frac{1}{0{,}16} - 1 = \frac{21}{4} = 525\ \%.$$

Вопрос 3 (10 баллов):

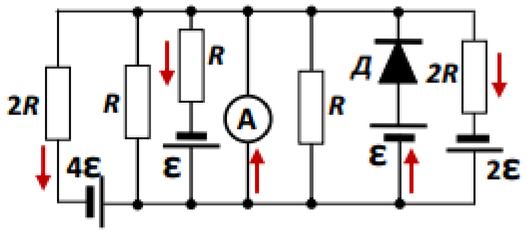
В схеме, показанной на рисунке, $\mathcal{E} = 4{,}8$В, а $R = 3$Ом. Все источники и амперметр идеальные, а ВАХ (вольт-амперная характеристика диода) описывается выражением

$I(U)=\dfrac{U}{2R}\left(3+\dfrac{U}{\mathcal{E}}\right)$. Найдите силу тока через амперметр. Ответ запишите в Амперах с точностью до десятых.



Ответ: 3,2.

Комментарий: Поскольку амперметр идеальный (его внутреннее сопротивление равно нулю), то напряжение на нем равно нулю. Соответственно равны нулю напряжения на всех ветвях схемы, подключенных параллельно амперметру. Поэтому для каждой ветви мы можем определить силу тока. Пусть выбор положительных направлений токов показан на рисунке (ясно, что через резисторы, подключенные параллельно амперметру, ток не течет), а ветви с ненулевой силой тока будем нумеровать слева направо (то есть искомый $I_A \equiv I_3$). Тогда



$$4\mathcal{E}-2RI_1=0 \Rightarrow I_1=2\frac{\mathcal{E}}{R},$$
$$\mathcal{E}-RI_2=0 \Rightarrow I_2=\frac{\mathcal{E}}{R},$$
$$2\mathcal{E}-2RI_5=0 \Rightarrow I_5=\frac{\mathcal{E}}{R},$$
$$\mathcal{E}-U_D(I_4)=0 \Rightarrow I_4=I(\mathcal{E})=2\frac{\mathcal{E}}{R}.$$

Следовательно, $I_3=I_1+I_2+I_5-I_4=2\frac{\mathcal{E}}{R}=3{,}2$ А.

Часть II (проверялись решения): возможные решения и критерии проверки.

1. («Топка для снега», 15 баллов): Термос на половину своего объема заполнен мокрым снегом (то есть смесью жидкой воды и ледяных кристаллов, находящихся в равновесии при нормальном атмосферном давлении). Туда очень медленно подают кипяток с постоянным расходом – за одинаковые промежутки времени в термос поступают одинаковые объемы кипятка. Поначалу температура содержимого термоса не изменялась, но спустя время τ_1= 24 с после начала подачи кипятка она начала расти, причем в этот момент времени термос был заполнен на 70% своего объема. Через какое время после этого термос будет полностью заполнен? Какую температуру будет иметь содержимое термоса в этот момент времени? Считать точными следующие данные: плотность воды ρ_0 = 1 г/см^3, плотность льда ρ = 0,9 г/см^3, удельную теплоемкость воды c = 4,2 Дж/(г·°С), теплоту плавления льда λ = 336 Дж/г.

Возможное решение: Поскольку система находится при нормальном атмосферном давлении, то температура мокрого снега $t_0=0$°C, а температура кипятка $t_K=100$°C. Поначалу температура не изменялась, потому что в термосе еще был лед, который таял за счет остывания кипятка. Кипяток подают «очень медленно», поэтому можно считать, что в каждый момент времени содержимое термоса находится практически в равновесном состоянии. Таким образом, если начальные массы воды и льда в термосе равнялись M_0 и m_0 соответственно, а масса поступившего в термос за время τ_1 кипятка равнялась M_1, то из уравнения теплового баланса следует, что

$$\lambda m_0=cM_1(t_K-t_0) \Rightarrow M_1=\frac{\lambda}{c(t_K-t_0)}m_0=\frac{4}{5}m_0.$$

С учетом известных плотностей и данных об объемах содержимого термоса находим (ясно, что как раз к моменту времени τ_1 лед полностью растаял):

$$\begin{cases} 0{,}5\cdot V = \dfrac{m_0}{\rho} + \dfrac{M_0}{\rho_0} \\ 0{,}7\cdot V = \dfrac{m_0 + M_0 + M_1}{\rho_0} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 0{,}5\cdot \rho_0 V = \dfrac{10}{9} m_0 + M_0 \\ 0{,}7\cdot \rho_0 V = \dfrac{9}{5} m_0 + M_0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m_0 = \dfrac{9}{31}\rho_0 V \\ M_0 = \dfrac{11}{62}\rho_0 V \\ M_1 = \dfrac{36}{155}\rho_0 V \end{cases}.$$

Значит, к моменту заполнения термоса после начала роста температуры прошло время $\Delta\tau$, которое можно найти из уравнения

$$V = 0{,}7\cdot V + \frac{M_1}{\rho_0 \tau_1}\Delta\tau \Rightarrow \Delta\tau = \frac{3\rho_0 V}{10 M_1}\tau_1 = \frac{31}{24}\tau_1 = 31 \text{ с}.$$

Уравнение теплового баланса для происходящего за время $\Delta\tau$:

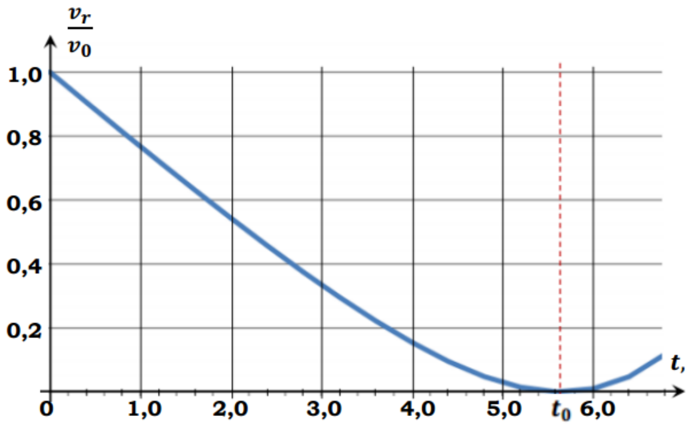
$$0{,}7\cdot\rho_0 V(t - t_0) = 0{,}3\cdot\rho_0 V(t_K - t) \Rightarrow t = 0{,}3\cdot t_K + 0{,}7\cdot t_0 = 30°\text{C}.$$

Ответы: $\Delta\tau = \frac{31}{24}\tau_1 = 31$ с, $t = 0{,}3\cdot t_K + 0{,}7\cdot t_0 = 30°$C.

КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ:

№	действие		макс. балл
1	Правильно выбраны начальные температуры		**2**
	1.1	объяснено, что температура мокрого снега равна 0°C	1
	1.2	объяснено, что температура кипятка равна 100°C	1
2	Правильно найдено время заполнения термоса		**8**
	2.1	указано, что рост температуры начинается в момент времени, когда лед полностью растаял	1
	2.2	записано уравнение теплового баланса для таяния льда	2
	2.3	массы всех трех компонент (m_0, M_0 и M_1) правильно выражены через одну неизвестную	3×1=3
	2.4	получен правильный ответ $\Delta\tau = \frac{31}{24}\tau_1 = 31$ с	2
3	Правильно найдена конечная температура.		**5**
	3.1	правильно записано уравнение теплового баланса для всего процесса	3
	3.2	получен правильный ответ $t = 30°$C	2
	ВСЕГО		**15**

2. («График полета», 17 баллов) Из пружинной «пушки», установленной на поверхности Луны, произвели выстрел маленьким камешком под углом к горизонту. Наблюдательная система фиксировала свет, отраженный от камешка и по смещению его частоты измеряла «радиальную» компоненту скорости камешка v_r (то есть проекцию вектора его скорости на его радиус-вектор относительно точки старта). На графике показана зависимость ее отношения к величине начальной скорости камешка от времени,



прошедшего с момента выстрела. В момент времени t_0 ≈5,657 с v_r обращается в ноль. Под каким углом к горизонту был произведен выстрел? Найдите величину начальной скорости.

Ускорение свободного падения на Луне считать равным $g \approx 1{,}62$ м/с^2. Атмосферы на Луне нет.

Возможное решение: Запишем законы изменения векторов скорости и перемещения: $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$ и $\vec{r} = \vec{v}_0 t + \frac{1}{2}\vec{g}t^2$. Условие $v_r = 0$ означает, что $(\vec{v} \cdot \vec{r}) = 0$, откуда следует уравнение

$$v_0^2 + \frac{3}{2}(\vec{g} \cdot \vec{v}_0)t + \frac{1}{2}g^2t^2 = 0.$$

С учетом того, что $(\vec{g} \cdot \vec{v}_0) = gv_0\cos(90° + \alpha) = -gv_0 \cdot \sin(\alpha)$, где α – угол наклона $\vec{v}_0$ к горизонту, обнаруживаем, что момент обращения v_r в ноль есть единственный корень квадратного уравнения $t^2 - \frac{3}{g}v_0\sin(\alpha)\,t + \frac{2}{g^2}v_0^2 = 0$. Приравнивая дискриминант уравнения к нулю, находим $\sin(\alpha) = \frac{2\sqrt{2}}{3}$, то есть $\alpha \approx 70{,}5°$. При этом $t_0 = \sqrt{2}\frac{v_0}{g} \Rightarrow v_0 = \frac{gt_0}{\sqrt{2}} \approx 6{,}48$ м/с.

КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ:

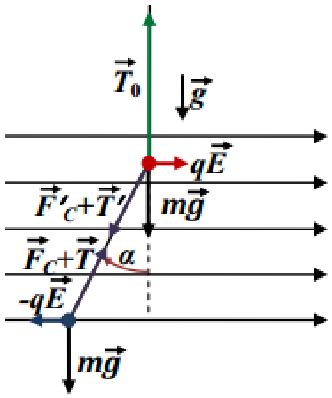
№	действие		макс. балл
1	Правильное понимание представленного графика		**2**
	1.1	в уравнениях используется правильно определенная величина v_r	1
	1.2	в решении используется правильно определенная величина t_0	1
2	Правильно найден угол направления выстрела по отношению к горизонту		**9**
	2.1	используется правильный метод решения, позволяющий найти α	3
	2.2	получено уравнение для определения α	3
	2.3	получено правильное значение любой тригонометрической функции от α	2
	2.4	получен численный ответ в интервале 69° – 72°	1
3	Правильно определена начальная скорость выстрела		**6**
	3.1	получен правильный аналитический ответ для связи v_0 и t_0	3
	3.2	получен численный ответ в интервале 6,45 – 6,50 м/с	3
	ВСЕГО		**17**

3. (Равновесия, 18 баллов) Легкая нерастяжимая непроводящая нить длиной L = 291 мм закреплена одним концом на потолке. К ее второму концу прикреплен медный шарик, к нему – еще одна такая же нить, а к ней, в свою очередь, второй такой же шарик. Сначала шарики не были заряжены, и обе нити были вертикальны. Сила натяжения верхней нити при этом равнялась T_0 = 1,2 Н. Затем, удерживая шарики на месте, на верхний шарик нанесли заряд $+q$ = + 2,5 мкКл, а на нижний – заряд $-q$ = – 2,5 мкКл. В области, где находилась эта система, создали однородное горизонтальное электрическое поле с напряженностью E = 70 кВ/м, и после этого шарики отпустили. Электрическая постоянная $\varepsilon_0 \approx 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м. Плотность меди ρ =8,9 г/см^3, ускорение свободного падения $g \approx 9{,}81$ м/с^2.

- Под какими углами к вертикали будут расположены нити после установления равновесия?
- Какими станут эти углы, если напряженность электрического поля уменьшить в три раза и вновь дождаться равновесия?

Возможное решение: Вначале сила натяжения верхней нити уравновешивала силу тяжести, действующую на «тело» из двух шариков, соединенных нижней нитью. Следовательно, масса шариков удовлетворяла соотношению $T_0 = 2mg$. Значит, масса одного шарика равна

$m = \frac{T_0}{2g} \approx 61{,}162$ г а радиус шариков $r = \sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho}} \approx 11{,}8$ мм. Отметим, что это почти в 25 раз меньше длины нити, и поэтому в дальнейшем для вычисления силы притяжения шариков мы будем использовать закон Кулона в форме, применимом для точечных зарядов. Поскольку суммарный заряд, нанесенный на шарики перед включением электрического поля, равен нулю, то и суммарная сила, действующая на это «тело» со стороны электрического поля, равна нулю. Поэтому сила натяжения верхней нити не изменится по величине и направлению, причем этот вывод не зависит от величины напряженности поля. Так что верхняя нить во всех случаях останется вертикальной – искомый угол отклонения $\alpha_1 = \tilde{\alpha}_1 = 0$. После заряжения шариков и включения поля возникают электрические силы: одинаковые по величине и противоположные по направлению силы со стороны внешнего электрического поля $\pm q\vec{E}$ и пара кулоновских сил притяжения шариков $|\vec{F}_C| = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$, где введено расстояние между центрами шариков $R = L + 2r \approx 314{,}6$ мм. Силы натяжения нижней нити (если она натянута) сонаправлены с силами кулоновского притяжения, так что для каждого шарика их можно объединить в единую силу $\vec{F} \equiv \vec{F}_C + \vec{T}$. Обозначим угол отклонения нижней нити от вертикали $\alpha_2 \equiv \alpha$ (см. рисунок). Тогда, записывая условие равновесия любого из шариков, получаем уравнения для определения угла отклонения величины F:



$$\begin{cases} F \cdot \sin(\alpha) = qE \\ F \cdot \cos(\alpha) = mg \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \operatorname{tg}(\alpha) = \dfrac{qE}{mg} \\ F = \sqrt{m^2 g^2 + q^2 E^2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \alpha = \operatorname{arctg}\left(\dfrac{7}{24}\right) \approx 16{,}3° \\ F = \dfrac{25}{24} mg = 0{,}625 \text{ Н} \end{cases}.$$

Однако этот ответ получен в <u>предположении</u>, что нижняя нить натянута, то есть что ее сила натяжения $T = F - F_C > 0$. Проверим это: $T = \frac{25}{48} T_0 - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 R^2} \approx +0{,}057$ Н. Условие выполнено. Если напряженность электрического поля уменьшить в три раза, то новые значения

$$\begin{cases} \tilde{\alpha} = \operatorname{arctg}\left(\dfrac{7}{72}\right) \approx 5{,}6° \\ F = \dfrac{\sqrt{5233}}{72} mg \approx 0{,}603 \text{ Н} \end{cases}.$$

Таким образом, и в этом случае нить натянута, а угол отклонения уменьшается почти в три раза. Следует обратить внимание, насколько существенен учет радиуса шариков. Если вычислить величину силы кулоновского притяжения без учета этого радиуса, то

$$|\vec{F}_C| = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^2} \approx 0{,}664 \text{ Н}.$$

Значит, в этом случае условие, что нить натянута, оказалось бы нарушено уже при первом значении напряженности! Тогда все ответы оказались бы некорректными, ибо оказалось бы, что кулоновское притяжение заставит шарики «прилипнуть» друг к другу, в результате чего они бы разрядились и перестали бы «чувствовать» электрическое поле. Поэтому в положениях устойчивого равновесия обе нити были бы вертикальны. Отметим также, что поправка в закону Кулона, связанная с «неточечностью» шариков, намного меньше, чем учтенная нами поправка за счет изменения расстояния между центрами шариков.

Ответы: $\alpha_1 = \tilde{\alpha}_1 = 0, \alpha_2 \approx 16{,}3°, \tilde{\alpha}_2 \approx 5{,}6°$.

КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ:

№	**действие**		**макс. балл**
1	Правильно найден угол наклона верхней нити в первом положении равновесия		**4**
	1.1	записано условие равновесия системы из шариков и нижней нити	**2**
	1.2	доказано, что верхняя нить вертикальна	**2**
2	Правильно найден угол наклона нижней нити в первом положении равновесия		**8**
	2.1	записаны условия равновесия одного шарика с учетом сил натяжения нитей, силы тяжести, силы, действующей со стороны внешнего электрического поля и кулоновской силы	**4×0,5 = 2**
	2.2	правильно найден угол наклона*****	**2**
	2.3	проведен анализ условия натянутости нижней нити******	**2**
	2.4	найден радиус шариков, который используется в вычислении кулоновской силы	**1**
	2.5	доказано, что нижняя нить натянута	**1**
3	Правильно найден угол наклона верхней нити во втором положении равновесия (указано на его неизменность)		**1**
4	Правильно найден угол наклона нижней нити во втором положении равновесия.		**5**
	4.1	записаны (в т.ч. если используется п. 2.1 с указанием различий) условия равновесия одного шарика с учетом сил натяжения нитей, силы тяжести, силы, действующей со стороны внешнего электрического поля и кулоновской силы	**4×0,5 = 2**
	4.2	правильно найден угол наклона*****	**1**
	4.3	проведен анализ условия натянутости нижней нити******	**1**
	4.4	доказано, что нижняя нить натянута	**1**
	ВСЕГО***		**18**

*****Если для угла наклона получено верное значение при решении системы уравнений, но затем из-за ошибки в анализе выполнения условия натянутости нижней нити (обычно связанной с пренебрежением радиусом шариков при вычислении величины кулоновской силы) сделан неправильный вывод о том, что шарики разрядятся и нижняя нить будет вертикальна, то за эти пункты ставятся половинные баллы (пункт 2.2 – **1 балл**, пункт 4.2 – **0,5 балла**);

******Если анализ проведен правильно (получено условие $T = F - F_C > 0$), но в итоге из-за ошибки в вычислении F_C сделан неверный вывод, то баллы за пункты 2.3 и 4.3 ставятся полностью, а следующие пункты (2.5 и 4.4) полностью не засчитываются;

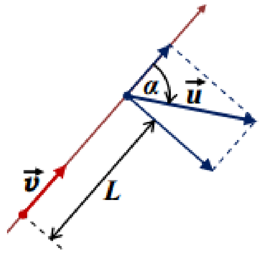
*******Если в результате оценки по критериям оценка за задачу получается дробной, она округляется вверх до ближайшего целого значения.

4. («Полеты друг за другом», 25 баллов): На соревнованиях программируемых квадрокоптеров аппараты-участники выполняют заданный алгоритм движения. На одном из туров один из квадрокоптеров «гонялся» за другим. Согласно этому алгоритму, «преследователь» гонялся за «преследуемым», двигаясь всегда в горизонтальной плоскости с постоянной по величине скоростью υ = 10 м/с строго по направлению к «преследуемому». При этом «преследуемый» двигался в той же плоскости с постоянной по величине скоростью u =20 м/с всегда по направлению, составляющим постоянный угол α = 60° с направлением от «преследователя». В некоторый момент времени расстояние между квадрокоптерами равнялось L = 34,64 м.

- Найдите угловую скорость вращения отрезка прямой, соединяющей квадрокоптеры, в этот момент времени.
- Найдите величину ускорения обоих квадрокоптеров спустя время t = 10 с после этого момента времени.
- Сможет ли «преследователь» догнать «преследуемого» за достаточно большое время? Ответ объяснить.

Опишите максимально полно траектории, по которым двигаются квадрокоптеры.

Возможное решение: Рассмотрим произвольный момент времени и определим

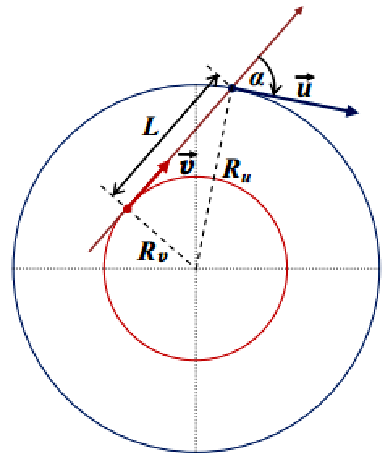


относительную скорость квадрокоптеров. Как нетрудно заметить, эта скорость оказывается перпендикулярна прямой, соединяющей квадрокоптеры, в этот момент времени (из-за того, что проекция скорости «преследуемого» на эту прямую в точности равна скорости «преследователя», направленной вдоль этой прямой: $v = u \cdot \cos(\alpha)$). Поэтому угол поворота этой прямой за малое время Δt

$$\Delta\varphi \equiv \omega \cdot \Delta t = \frac{u \cdot \sin(\alpha) \cdot \Delta t}{L} \Rightarrow \omega = \frac{u \cdot \sin(\alpha)}{L} = \frac{\sqrt{3}}{2}\frac{u}{L} \approx 0{,}5000 \text{ с}^{-1}.$$

Кроме того, изменение расстояния между квадрокоптерами за тот же промежуток времени

$$\Delta L = [u \cdot \cos(\alpha) - v] \cdot \Delta t = 0,$$



то есть в действительности это расстояние остается неизменным! Так как величины скоростей и угол между ними остаются неизменными, то оба тела вращаются вместе с этой линией с постоянной угловой скоростью. Радиусы кривизны их траекторий остаются постоянными: $R_v = \frac{v}{\omega} = \frac{v}{u}\frac{L}{\sin(\alpha)} \approx 20{,}00$ м и $R_u = \frac{u}{\omega} = \frac{L}{\sin(\alpha)} \approx 40{,}00$ м. Теперь мы понимаем, что оба квадрокоптера движутся по окружностям и можем ответить на все заданные нам вопросы:

Так как величины скоростей квадрокоптеров не изменяются, их ускорения являются центростремительными: $a_v = \omega \cdot v = \frac{vu \cdot \sin(\alpha)}{L} = 5$ м/с^2 и $a_u = \omega \cdot u = \frac{u^2 \cdot \sin(\alpha)}{L} = 10$ м/с^2. Модули этих ускорений неизменны, так что эти значения можно использовать в любой момент времени движения. Ясно также, что постоянство расстояния между преследуемым и преследователем исключает возможность успешного завершения погони за любое время, пока характер движения не поменяется.

Траектории движения квадрокоптеров – это две концентрические окружности радиусами примерно 20 м (у преследователя) и 40 м (у преследуемого), причем в любой момент времени вектор скорости преследователя направлен на преследуемого (см. рисунок).

Ответы: угловая скорость вращения отрезка прямой, соединяющей квадрокоптеры, в любой момент времени равна $\omega = \frac{u \cdot \sin(\alpha)}{L} = \frac{\sqrt{3}}{2}\frac{u}{L} \approx 0{,}500$ с$^{-1}$; в любой момент времени величина ускорения преследователя равна $a_v = \frac{vu \cdot \sin(\alpha)}{L} = 5$ м/с^2, а преследуемого $a_u = \frac{u^2 \cdot \sin(\alpha)}{L} = 10$ м/с^2; при таком движении преследователь никогда не догонит преследуемого; траектории движения квадрокоптеров – это две концентрические окружности радиусами $R_v = \frac{v}{u}\frac{L}{\sin(\alpha)} \approx 20{,}00$ м (у преследователя) и $R_u = \frac{L}{\sin(\alpha)} \approx 40{,}00$ м (у преследуемого).

КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ:

№		действие	макс. балл
1		Правильно найдена угловая скорость $\omega = \frac{u \cdot \sin(\alpha)}{L} = \frac{\sqrt{3}}{2}\frac{u}{L} \approx 0{,}500$ $с^{-1}$	**4**
	1.1	формула	3
	1.2	численное значение	1
2		Правильно найдены ускорения обоих квадрокоптеров	**12**
	2.1	определены радиусы кривизны траекторий обоих квадрокоптеров	3+3=6
	2.2	указано, что ускорения сводятся к центростремительным (отсутствуют касательные составляющие ускорений)	2
	2.3	определена величина ускорения преследователя (формула+число)	1+1=2
	2.4	определена величина ускорения преследуемого (формула+число)	1+1=2
3		Обоснованно утверждается, что погоня не может быть успешной.	**3**
	3.1	доказано, что расстояние между квадрокоптерами не изменяется	2
	3.2	сформулировано утверждение о безуспешности погони.	1
4		Правильно описаны траектории обоих квадрокоптеров	**6**
	4.1	указано, что обе траектории – концентрические окружности	4
	4.2	правильно описано (в том числе указано на рисунке) относительное положение квдрокоптеров и центра окружностей	1
	4.3	приведен правильный иллюстрирующий рисунок	1
		ВСЕГО	**25**