Критерии оценивания задач.

За каждую задачу выставляется целое число баллов от 0 до максимального балла (MAX). Если задача отсутствует, то в таблице пишется X.

Если решение задачи содержит разрозненные записи, присутствует рисунок (хоть частично правильный) и одна — две правильные формулы, но решение, как таковое отсутствует или абсолютно неверное, то можно поставить 1 — 2 балла.

Если решение абсолютно верное, содержит все необходимые формулы и физические законы, имеет понятные пояснения, а также проведены необходимые математические преобразования и получен правильный ответ (ответы) – это MAX.

За отсутствие пояснений, ответа или единиц физических величин, но при правильном решении задачи, можно снять 1— 2 балла.

В случае если задача содержит правильный путь решения, но не доведена до ответа или получен неправильный ответ, при этом присутствуют отдельные правильные элементы решения, то оценивание провести по критериям, приведенным ниже после каждой задачи.

Верные решения задач могут отличаться от авторских. Также никакие критерии не могут быть всеобъемлющими. Во всех случаях, не предусмотренных критериями, просьба руководствоваться соображениями здравого смысла и педагогическим опытом эксперта.

Решение варианта 1

1. Трехлитровая стеклянная банка плавает в воде, оставаясь вертикальной. Считая, что масса банки m = 1 кг, а площадь ее нижнего основания S = 0,02 м^2, определите разницу давлений на нижнее основание банки со стороны воды и со стороны атмосферы. (MAX = 10 баллов)

Возможное решение

Запишем условие равновесия банки: $pS = p_0 S + mg$, где p – давление жидкости на нижнее основание банки, p_0 – атмосферное давление. Тогда разность давлений $\Delta p = \frac{mg}{S} = \frac{1\cdot 10}{0,02} = 500$ Па.

Критерии оценивания задачи 1.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.**
1	Записано условие равновесия банки	от 1 до 5 баллов
2	Проведены необходимые алгебраические преобразования	от 1 до 3 баллов
3	Сделаны подстановки числовых значений и получен правильный числовой ответ	от 1 до 2 баллов

2. Два моля гелия участвуют в некотором термодинамическом процессе, в котором над газом совершается работа 500 Дж. По окончании процесса температура гелия увеличилась на 10°С. Чему равна молярная теплоемкость этого процесса, если известно, что она не зависит от параметров состояния гелия? Универсальная газовая постоянная R = 8,3 Дж/К. (MAX = 10 баллов)

Возможное решение

Молярная теплоемкость одноатомного газа находим по формуле $c_\mu = \dfrac{Q}{\nu \Delta T}$. $Q = \Delta U + A$, где

$\Delta U = \dfrac{3}{2}\nu R \Delta T$, работа газа $A = -|A'| < 0$. $\Rightarrow c_\mu = \dfrac{3}{2}R - \dfrac{|A'|}{\nu \Delta T}$.

Численный расчет $c_\mu = 1,5 \cdot 8,3 - \dfrac{500}{2 \cdot 10} = -12,55$ Дж/(моль·К).

Критерии оценивания задачи 2.

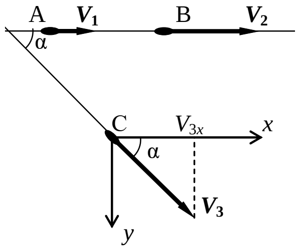
	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.**
1	Записана формула для молярной теплоемкости	1 балл
2	Записано первое начало ТД	1 балл
3	Записана формула для ΔU	1 балл
4	Установлено что $A < 0$	2 балла
5	Проведены необходимые алгебраические преобразования и получена правильная формула для искомой величины	от 1 до 3 баллов
6	Проведен численный расчет и получен правильный ответ	от 1 до 2 баллов

3. Два автомобиля А и В движутся по одной прямой дороге со скоростями V и $2V$. По другой прямой дороге едет мотоцикл С со скоростью $3V$. При этом в течение всего времени движения мотоцикл находится в вершине равнобедренного треугольника АВС (АС = ВС). Определите угол между дорогами. (MAX = 15 баллов)

Возможное решение

Разложим скорость мотоцикла С по осям x и y (см. рис.). Чтобы треугольник АВС оставался равнобедренным, проекция скорости мотоцикла должна быть равна $V_{3x} = \dfrac{V_1 + V_2}{2}$. Тогда

$\cos\alpha = \dfrac{V_{3x}}{V_3} = \dfrac{V_1 + V_2}{2V_3} = \dfrac{1}{2}$, $\Rightarrow$ α = 60°.



Критерии оценивания задачи 3.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.**
1	Записаны уравнения движения или закон сложения скоростей, т.е уравнения необходимые для решения задачи	1 балл
2	Получена формула для проекции скорости мотоцикла на направление первой дороги	от 1 до 10 баллов
3	Получена формула для угла между дорогами	от 1 до 2 баллов
	Сделаны подстановки числовых значений и получен правильный числовой ответ	от 1 до 2 баллов

4. Порция идеального газа в состоянии 1 занимает объем V_1 при давлении p_1 и абсолютной температуре T_1. Газ сжимают при постоянном давлении до состояния 2, в котором его абсолютная температура уменьшилась в 4 раза. Затем происходит охлаждение газа при постоянном объеме до состояния 3, в котором его давление равно $p_1/2$. Из состояния 3 газ возвращается в состояние 1 по политропе, уравнение которой $pV^n = \mathrm{const}$. Определите показатель политропы n. Постройте с учетом масштаба графики процесса 1-2-3-1 в координатах pV (давление p – по оси ординат, а объем V – по оси абсцисс) и pU (давление p – по оси ординат, а внутренняя энергия U – по оси абсцисс). Считайте внутреннюю энергию данной порции газа в состоянии 1 известной и равной U_1.

(MAX = 15 баллов)

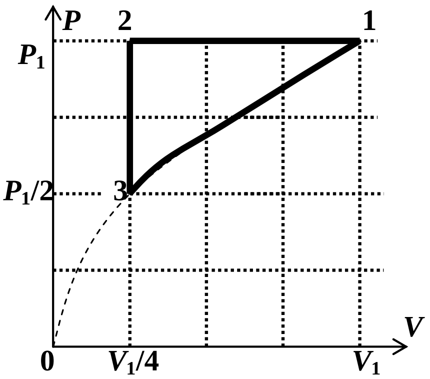
Возможное решение

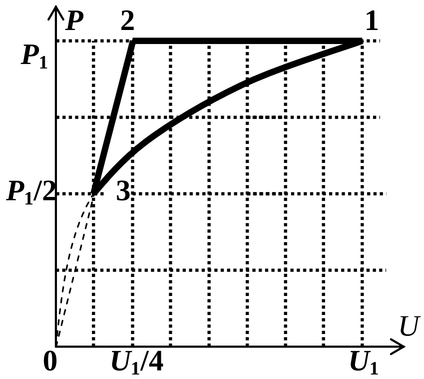
1) Посчитаем параметры каждого состояния (см.таблицу)

Состояние	Параметры	Вычисления
1	p_1, V_1, T_1	
2	$p_1, \frac{V_1}{4}, \frac{T_1}{4}$	$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} \Rightarrow V_2 = V_1\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_1}{4}$
3	$\frac{p_1}{2}, \frac{V_1}{4}, \frac{T_1}{8}$	$\frac{p_1/2}{T_3} = \frac{p_1}{T_2} \Rightarrow T_3 = \frac{T_1}{4}\cdot\frac{1}{2} = \frac{T_1}{8}$

2) Найдем *n*. $p_3V_3^n = p_1V_1^n$, $\Rightarrow$ $\frac{p_1}{2}\left(\frac{V_1}{4}\right)^n = p_1V_1^n$, $\Rightarrow$ $n = -\frac{1}{2}$. Тогда уравнение процесса 31 $p \sim \sqrt{V}$ или $p \sim \sqrt[3]{T} \sim \sqrt[3]{U}$.

3) На рисунках приведены графики процесса 1-2-3-1 в координатах *pV* и *pU*.

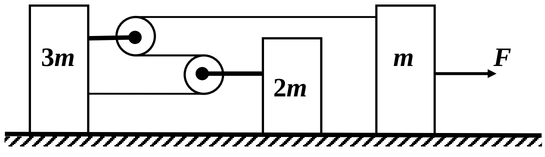




Критерии оценивания задачи 4.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.**
1	Рассчитаны параметры состояний 2 и 3	По 1 баллу за правильный расчет параметров каждого состояния – всего 2 балла
2	Получено значение *n*	от 1 до 3 баллов
3	Получена зависимость *p*(*V*) для 3-1	1 балл
4	Указана связь внутренней энергии и температуры	1 балл
5	Получена зависимость *p*(*U*) для 3-1	2 балла
	Построены графики цикла 1-2-3-1	По 3 балла за каждый график – всего 6 баллов

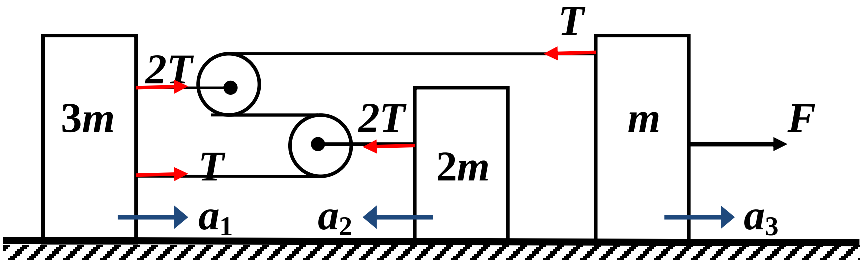
5. Механическая система, изображенная на рисунке, состоит из трех грузов массами 3*m*, 2*m* и *m*, и двух очень легких блоков, прикрепленных к грузам 3*m* и 2*m* соответственно. Система находится на гладкой горизонтальной поверхности. Определите силу натяжения нити, пропущенной через блоки, когда к грузу массой *m* приложена горизонтальная сила *F* = 12 Н. Считать, что нить невесома и нерастяжима, а не лежащие на блоках участки нити остаются горизонтальными в процессе поступательного движения грузов.



(MAX = 25 баллов)

Возможное решение

Расставим силы (см.рис) и получим уравнения динамики для каждого груза, а также уравнение связи ускорений грузов.

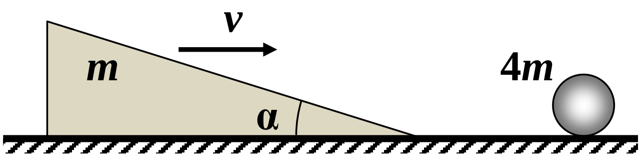


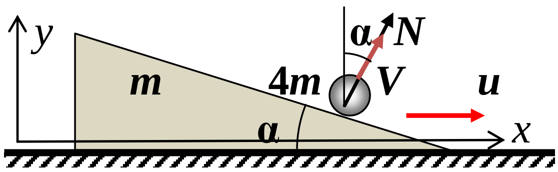
$$\begin{cases} 3T = 3ma_1, \\ 2T = 2ma_2, \\ F - T = ma_3, \\ a_3 - 3a_1 - 2a_2 = 0. \end{cases} \Rightarrow T = \frac{F}{6} = 2 \text{ Н}.$$

Критерии оценивания задачи 5.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.**
1	Сделан рисунок и расставлены силы, действующие на каждый груз	от 1 до 3 баллов
2	Записаны уравнения динамики для грузов	для каждого груза от 1 до 2 баллов (максимум 6 баллов)
3	Получено уравнение связи ускорений	от 1 до 9 баллов
4	Проведены необходимые алгебраические преобразования и получена формула для T	от 1 до 5 баллов
6	Проведен численный расчет и получен правильный ответ	от 1 до 2 баллов

6. Клин массы m движется со скоростью v = 4 м/с по гладкой горизонтальной поверхности, как показано на рисунке. Клин упруго сталкивается с неподвижно лежащим на поверхности шариком массы $4m$. Угол наклона клина $\alpha = 30°$. На какую максимальную высоту H относительно горизонтальной поверхности подскочит шарик? Считать, что импульс клину передается только в горизонтальном направлении. Трение между шариком и клином отсутствует. Радиус шарика R << H.





(MAX = 25 баллов)

Возможное решение

Т.к. трение между шариком и клином отсутствует, то во время столкновения на шар со стороны клина действует сила $\boldsymbol{N}$, перпендикулярная поверхности клина, поэтому шар преобретает скорость V под углом α к вертикали (см. рис). Скорость клина после столкновения обозначим u. Запишем закон сохранения энергии и закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось x.

$$\begin{cases} \dfrac{mv^2}{2} = \dfrac{4mv^2}{2} + \dfrac{mu^2}{2}, \\ mv = 4mv\sin\alpha + mu. \end{cases} \Rightarrow V = \frac{2v\sin\alpha}{1+4\sin^2\alpha} = \frac{v}{2}.$$

Максимальная высота, на которую подпрыгнет шарик равна

$$H = \frac{V_y^2}{2g} = \frac{V^2\cos^2\alpha}{2g} = \frac{3v^2}{32g} = \frac{3\cdot 16}{32\cdot 10} = 0{,}15\,\text{м}.$$

Критерии оценивания задачи 6.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. **Баллы за каждый верный элемент решения суммируются**	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.**
1	Установлено, что скорость шарика после столкновения $\vec{V} \parallel \vec{N}$	5 баллов
2	Записан закон сохранения энергии при столкновении	от 1 до 2 баллов
3	Записан закон сохранения проекции импульс системы на горизонт.направление	от 1 до 5 баллов
4	Проведены необходимые алгебраические преобразования и получена формула для скорости шарика V после столкновения	от 1 до 7 баллов
5	Получена формула для максимальной высоты подъема шарика	от 1 до 4 баллов
6	Проведен численный расчет и получен правильный ответ	от 1 до 2 баллов

Критерии оценивания задач.

За каждую задачу выставляется целое число баллов от 0 до максимального балла (MAX). Если задача отсутствует, то в таблице пишется X.

Если решение задачи содержит разрозненные записи, присутствует рисунок (хоть частично правильный) и одна — две правильные формулы, но решение, как таковое отсутствует или абсолютно неверное, то можно поставить 1 — 2 балла.

Если решение абсолютно верное, содержит все необходимые формулы и физические законы, имеет понятные пояснения, а также проведены необходимые математические преобразования и получен правильный ответ (ответы) – это MAX.

За отсутствие пояснений, ответа или единиц физических величин, но при правильном решении задачи, можно снять 1— 2 балла.

В случае если задача содержит правильный путь решения, но не доведена до ответа или получен неправильный ответ, при этом присутствуют отдельные правильные элементы решения, то оценивание провести по критериям, приведенным ниже после каждой задачи.

Верные решения задач могут отличаться от авторских. Также никакие критерии не могут быть всеобъемлющими. Во всех случаях, не предусмотренных критериями, просьба руководствоваться соображениями здравого смысла и педагогическим опытом эксперта.

Решение варианта 6

1. На парашютиста массой m = 80 кг в начале прыжка действует сила сопротивления воздуха, вертикальная составляющая которой 400 Н, а горизонтальная 300 Н. Найдите ускорение парашютиста в начальный момент. (MAX = 10 баллов)

Возможное решение

$$ma = \sqrt{\left(F_{cy} - mg\right)^2 + F_{cx}^2} . \Rightarrow a = \frac{\sqrt{\left(F_{cy} - mg\right)^2 + F_{cx}^2}}{m} = 6,25 \text{ м/с}^2.$$

Критерии оценивания задачи 1.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.**
1	Сделан рисунок, расставлены силы	1 балл
2	Записаны уравнения второго закона Ньютона по осям	По 2 балла за каждое уравнение – всего 4 баллов
3	Проведены необходимые алгебраические преобразования	от 1 до 3 баллов
4	Сделаны подстановки числовых значений и получен правильный числовой ответ	от 1 до 2 баллов

2. Атмосфера Венеры почти полностью состоит из углекислого газа. Температура у поверхности планеты около t = 500°C, а давление около p = 100 атм. Какой объём должен иметь исследовательский зонд массой m = 1 т, чтобы плавать в нижних слоях атмосферы Венеры?

(MAX = 10 баллов)

Возможное решение

Условие плавания: $mg = \rho g V$, где ρ – плотность атмосферы, которая находится из уравнения состояния. $p = \frac{\rho}{\mu} RT$. $\Rightarrow V = \frac{mRT}{p\mu} = 14{,}6$ м^3.

Критерии оценивания задачи 2.

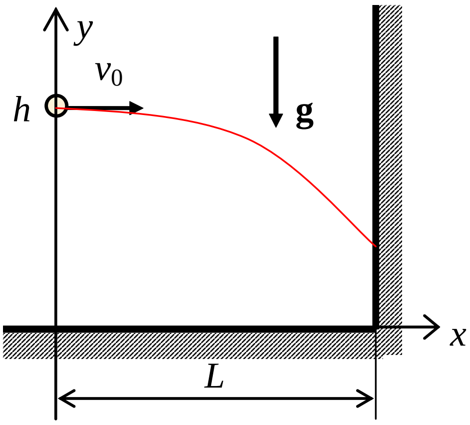
	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.**
1	Записано условие плавания	от 1 до 2 баллов
2	Записано уравнение Менделеева-Клапейрона	от 1 до 3 баллов
3	Проведены необходимые алгебраические преобразования	от 1 до 3 баллов
4	Сделаны подстановки числовых значений и получен правильный числовой ответ	от 1 до 2 баллов

3. Теннисная ракетка движется навстречу мячу. В момент удара ракетка находится на высоте h = 1,76 м от поверхности корта, при этом скорости ракетки и мяча параллельны корту и равны соответственно u = 2 м/с (скорость ракетки) и v = 1 м/с (скорость мяча). Считая удар мяча по ракетке упругим, определите, долетит ли мяч до вертикальной стенки, расположенной на расстоянии L = 2 м от ракетки? Если долетит, то на какой высоте от поверхности корта мяч ударится о стенку? Мяч после удара о ракетку движется в направлении стенки; плоскость, в которой лежит траектория мяча, перпендикулярна стенке. Сопротивлением воздуха пренебречь. (MAX = 15 баллов)

Возможное решение

1. Скорость мяча v_0 после упругого удара о ракетку можно получить, если воспользоваться законом сложения скоростей. Для этого сначала перейдем в систему отсчета, движущуюся со скоростью ракетки u. В этой системе отсчета, скорость мяча относительно ракетки равна $v_{\text{отн}} = v + u$. После упругого удара эта скорость поменяет направление, но модуль ее в движущейся системе отсчета не изменится. Перейдем обратно в неподвижную систему отсчета, связанную с землей и получим $v_0 = v_{\text{отн}} + u = v + 2u = 5$ м/с (1-1).

2. Движение мяча после удара о ракетку – баллистическое движение с начальной скоростью v_0, направленной горизонтально (см. рис).



Уравнения движения мяча в выбранных на рисунке осях координат:

$$\begin{cases} x = v_0 t, \\ y = h - \dfrac{gt^2}{2} \end{cases}$$

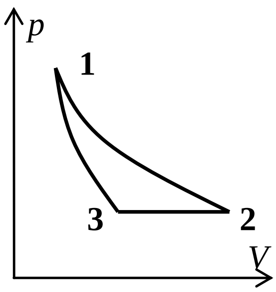
3. В момент удара о стенку $x = L$, тогда $t = \dfrac{L}{v_0}$ (3-1).

$$y = h - \frac{gL^2}{2v_0^2} = 1\text{м} \quad (3\text{-}2).$$

Критерии оценивания задачи 3.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.**
1	Рассмотрено упругое столкновение мяча с ракеткой и получен ответ для скорости мяча после удара v_0.	от 1 до 5 баллов в зависимости от правильности и полноты решения
2	Записаны уравнения движения для координат мяча после удара о ракетку	по 1 баллу за каждое уравнение (всего 2 балла)
3	Получена формула для времени движения мяча до стенки (3-1)	от 1 до 2 баллов
4	Получена формула для высоты, на которой мяч ударился о стенку (3-2)	от 1 до 2 баллов
5	Сделан вывод, что мяч долетит до стенки	2 балла
6	Проделан расчет и получено правильное числовое значение y (3-1)	от 1 до 2 баллов

4. Тепловая машина, рабочим телом которой является гелий, совершает цикл (см. рисунок), состоящий из изотермы, адиабаты и изобары (какой из линий соответствует какой процесс, определите сами!). Чему равен КПД этого цикла, если известно, что модуль работы, совершаемой гелием, в изотермическом процессе в 3 раза больше, модуля работы, совершаемой в изобарном процессе.



= 15 баллов)

Возможное решение

Т.к., при адиабатическом расширении газ охлаждается, то из двух кривых, проведенных из одной точки 1, адиабата круче, чем изотерма (см. рисунок). Поэтому **12 – изотерма** (T_1 = T_2), **31 – адиабата**, **23 - изобара**.

КПД цикла равен $\eta = \dfrac{A_{цикл}}{Q_{пол}}$, (1)

где работа за цикл $A_{цикл} = A_{12} + A_{23} + A_{31}$, (2)

Одноатомный газ гелий получает тепло только на изотерме 12 ($\Delta U_{12} = 0$),

$Q_{пол} = Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = A_{12}$. (3)

$A_{23} = -p_2(V_2 - V_3) = -\nu R\Delta T$, (4)

где $\Delta T = T_2 - T_3 = T_1 - T_3$.

По условию $A_{12} = 3|A_{23}| = 3\nu R\Delta T$. (5)

В адиабатном процессе 31 $A_{31} = -\Delta U_{31} = -\dfrac{3}{2}\nu R\Delta T$. (6)

Тогда $A_{цикл} = 3\nu R\Delta T - \nu R\Delta T - \dfrac{3}{2}\nu R\Delta T = \dfrac{1}{2}\nu R\Delta T$, (7)

$Q_{пол} = A_{12} = 3\nu R\Delta T$. (8)

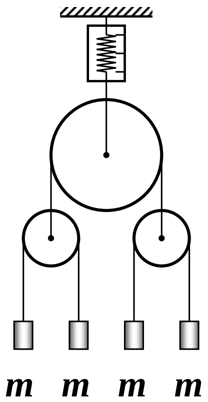
$\Rightarrow \eta = \dfrac{\frac{1}{2}\nu R\Delta T}{3\nu R\Delta T} = \dfrac{1}{6}$. (9)

Критерии оценивания задачи 4.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. **Баллы за каждый верный элемент решения суммируются**	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.**
1	Приведено объяснение какая из двух кривых 12 или 13 – изотерма, а какая адиабата	от 1 до 2 баллов
2	Определены процессы, соответствующие каждой из линий	по 1 баллу за каждый процесс (максимум 3 балла)

3	Записана формула для КПД цикла (1)	1 балл
4	Записана формула (2) для вычисления работы за цикл	1 балл
5	Определено, что газ получает тепло на 12	1 балл
6	Посчитана работа в изобарном процессе 23 (формула (4))	от 1 до 2 баллов
7	Записана формула (5) для работы в изотермическом процессе 12	1 балл
8	Посчитана работа в адиабатном процессе 31 (формула (6))	от 1 до 2 баллов
9	Посчитана работа за цикл (7)	от 1 до 2 баллов
10	Записана формула для $Q_{пол.}$ (8)	1 балл
11	Проделаны необходимые алгебраические преобразования и получено значение КПД	от 1 до 2 баллов

5. Механическая конструкция, состоящая из трех блоков и четырех грузов, подвешена к динамометру, как показано на рисунке. Массы грузов равны m. Блоки невесомы, нити невесомы и нерастяжимы, трение отсутствует. На какую величину изменятся показания динамометра, если на один из грузов сядет муха, масса которой равна $0{,}1m$? Считать, что колебания конструкции быстро затухают и после этого снимаются показания динамометра.

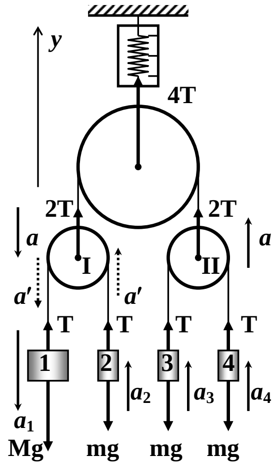


(MAX = 25 баллов)

Возможное решение

Так как в начальном положении грузы не движутся, то динамометр показывает вес $P_1 = 4mg$.

Рассмотрим теперь систему грузов, изображенную на рисунке. Для удобства, перенумеруем грузы. Пусть массы грузов 2, 3 и 4 равны m, масса груза 1 – M. В данном варианте $M = 1{,}1m$. Запишем уравнения движения грузов.



$$\begin{cases} -T + Mg = Ma_1, \\ T - mg = ma_2, \\ T - mg = ma_3, \\ T - mg = ma_4. \end{cases} \Rightarrow a_2 = a_3 = a_4 = a\,.$$

Блок II (с грузами 3 и 4) поднимается с ускорением ***a***, соответственно блок I (с грузами 1 и 2) опускается с ускорением ***a***.

Найдем ускорение груза 1. Обозначим ***a′*** – ускорение грузов 1 и 2 относительно блока I.

Тогда $\vec{a_2} = \vec{a'} + \vec{a}$. Т.к. $\left|\vec{a_2}\right| = a$, то, проецируя это соотношение на ось *y*, получим $a' = a_2 + a = 2a$.

Для груза 1: $\vec{a_1} = \vec{a'} + \vec{a}. \Rightarrow a_1 = a' + a = 3a$.

В результате система уравнений принимает вид:

$$\begin{cases} Mg - T = 3Ma, \\ T - mg = ma. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = \dfrac{(M-m)g}{3M+m}, \\ T = \dfrac{4Mmg}{3M+m}. \end{cases} \Rightarrow P_2 = 4T = \frac{16Mmg}{3M+m}.$$

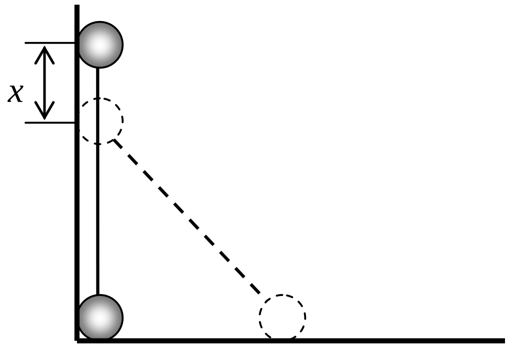
При $M = 1{,}1m$, $P_2 = \dfrac{176}{43} mg$.

Тогда $\Delta P = P_2 - P_1 = \dfrac{176}{43} mg - 4mg = \dfrac{4}{43} mg$.

Критерии оценивания задачи 5.

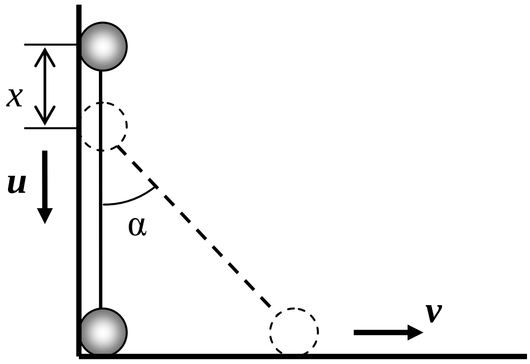
	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.**
1	Получено выражение для P_1	от 1 до 2 баллов
2	Записаны уравнения динамики для грузов	для каждого груза от 1 до 2 баллов (максимум 8 баллов)
3	Получено уравнение связи ускорений	от 1 до 5 баллов
4	Проведены необходимые алгебраические преобразования и получена формула для P_2	от 1 до 5 баллов
5	Получена формула для ΔP	от 1 до 5 баллов

6. Два одинаковых маленьких шарика соединены невесомым жестким стержнем длиной l = 60 см. Стержень стоит вертикально вплотную к вертикальной плоскости (см. рисунок). При небольшом смещении нижнего шарика вправо на малое расстояние эта система приходит в движение в плоскости рисунка. Определите скорость нижнего шарика в момент, когда верхний шарик сместится по вертикальной плоскости вниз на расстояние x = 10 см. Считать, что при движении шарики не отрываются от плоскостей, трением пренебречь.



(MAX = 25 баллов)

Возможное решение



1. Обозначим массу шарика m, скорости верхнего и нижнего шариков u и v соответственно (см. рис.). Запишем закон сохранения энергии.

$$mg(l-x)+\frac{mu^2}{2}+\frac{mv^2}{2}=mgl \text{, (1),} \qquad \Rightarrow u^2+v^2=2gx .$$

2. Запишем условие жесткости стержня:

$$u\cos\alpha = v\sin\alpha \quad \text{(2),} \qquad \Rightarrow u = v\,\mathrm{tg}\,\alpha .$$

3. Подставляя уравнение (2) в (1), получим $v=\cos\alpha\sqrt{2gx}$.

4. $\cos\alpha=\dfrac{l-x}{l}$ (4)

5. Запишем окончательную формулу и проведем численный расчет. $v=\dfrac{l-x}{l}\sqrt{2gx}=1{,}2$ м/с.

Критерии оценивания задачи 6.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.**
1	Записан закон сохранения	от 1 до 5 баллов
2	Записано условие жесткости стержня	от 1 до 5 баллов
3	Записана геометрическая связь (4)	от 1 до 5 баллов
4	Сделаны необходимые алгебраические преобразования и получена формула для *v*	от 1 до 8 баллов
5	Проделан расчет и получено правильное числовое значение	от 1 до 2 баллов

Критерии оценивания задач.

За каждую задачу выставляется целое число баллов от 0 до максимального балла (MAX). Если задача отсутствует, то в таблице пишется X.

Если решение задачи содержит разрозненные записи, присутствует рисунок (хоть частично правильный) и одна — две правильные формулы, но решение, как таковое отсутствует или абсолютно неверное, то можно поставить 1 — 2 балла.

Если решение абсолютно верное, содержит все необходимые формулы и физические законы, имеет понятные пояснения, а также проведены необходимые математические преобразования и получен правильный ответ (ответы) – это MAX.

За отсутствие пояснений, ответа или единиц физических величин, но при правильном решении задачи, можно снять 1— 2 балла.

В случае если задача содержит правильный путь решения, но не доведена до ответа или получен неправильный ответ, при этом присутствуют отдельные правильные элементы решения, то оценивание провести по критериям, приведенным ниже после каждой задачи.

Верные решения задач могут отличаться от авторских. Также никакие критерии не могут быть всеобъемлющими. Во всех случаях, не предусмотренных критериями, просьба руководствоваться соображениями здравого смысла и педагогическим опытом эксперта.

Решение варианта 10

1. Плоскодонная баржа получила пробоину площадью S = 100 см^2, находящуюся в дне баржи на глубине h = 2 м. Определите, с какой силой нужно давить на пластырь, которым закрывают отверстие, чтобы сдержать напор воды. Весом пластыря пренебречь. (MAX = 10 баллов)

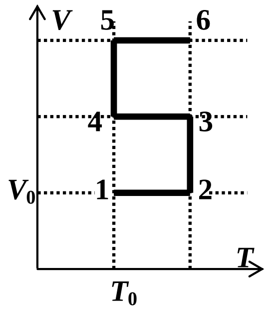
Возможное решение

Избыточное давление воды на пробоину на глубине h равно $p = \rho g h$. Тогда : $F = pS = \rho g h S = 200$ Н.

Критерии оценивания задачи 1.

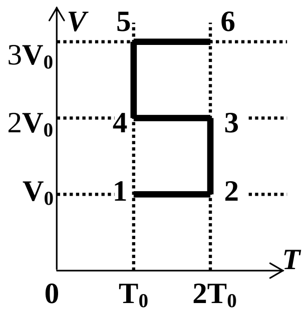
	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.**
1	Записана формула для давления	3 балла
2	Записана формула связи давление и силы	2 балла
3	Проведены необходимые алгебраические преобразования	от 1 до 3 баллов
4	Сделаны подстановки числовых значений и получен правильный числовой ответ	от 1 до 2 баллов

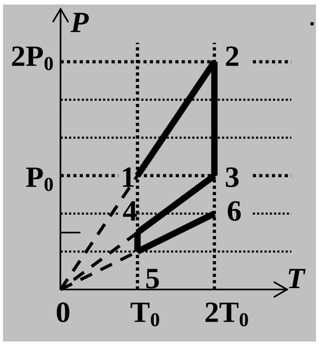
2. На листе в клеточку ученик 10-го класса нарисовал график изменения объема V идеального газа от его абсолютной температуры T в процессе 1–2–3–4–5–6, похожим на пятерку (см. рисунок). Считая массу газа постоянной, изобразите, соблюдая правильный масштаб, как будет выглядеть зависимость давления P от абсолютной температуры T для этого процесса. Значения давления, объема и температуры газа в состоянии 1 считайте известными и равными p_0, V_0 и T_0 соответственно.



(MAX = 10 баллов)

Возможное решение





Состояние	Параметры	Вычисления
1	P_0, V_0, T_0	
2	$P_0, V_0, 2T_0$	$\dfrac{P_2}{2T_0} = \dfrac{P_0}{T_0} \Rightarrow P_2 = 2P_0$
3	$P_3, 2V_0, 2T_0$	$P_3 \cdot 2V_0 = P_2 \cdot V_0 \Rightarrow P_3 = P_0$
4	$P_4, 2V_0, T_0$	$\dfrac{P_4}{T_0} = \dfrac{P_3}{2T_0} \Rightarrow P_4 = \dfrac{P_0}{2}$
5	$P_5, 3V_0, T_0$	$P_4 \cdot 2V_0 = P_5 \cdot 3V_0 \Rightarrow$ $P_5 = \dfrac{P_0}{3}$
6	$P_6, 3V_0, 2T_0$	$\dfrac{P_6}{2T_0} = \dfrac{P_5}{T_0} \Rightarrow P_6 = \dfrac{2}{3}P_0$

Критерии оценивания задачи 2.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.**
1	Рассчитаны параметры состояний 2-6	По 1 баллу за правильный расчет каждого состояния – всего 5 баллов
2	Построены графики для каждого из процессов	По 1 баллу за правильное изображение каждого процесса – всего 5 баллов

3. К перекрестку двух взаимно перпендикулярных дорог приближаются два автомобиля (см. рис. 1). В некоторый момент времени один автомобиль находился на расстоянии 3 км, а другой – на расстоянии 4 км от перекрестка. Скорости автомобилей одинаковы и не изменяются в процессе движения. Определите наименьшее расстояние между автомобилями.

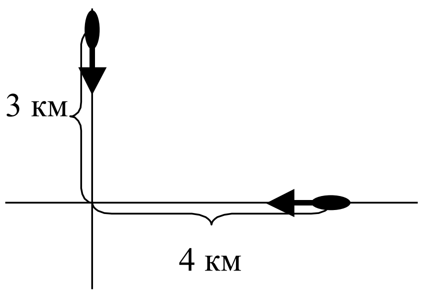


Рис.1

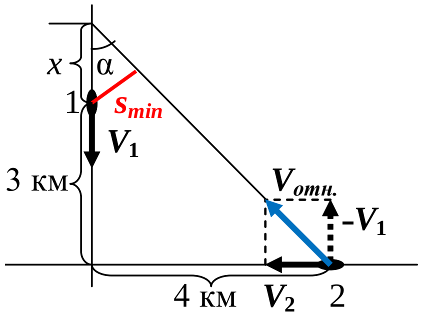


Рис.2

(MAX = 15 баллов)

Возможное решение

Обозначим скорости автомобилей $\vec{V}_1$ и $\vec{V}_2$ соответственно (см. рис. 2). В системе отсчета, движущейся со скоростью $\vec{V}_1$ автомобиль 1 неподвижен, а скорость второго равна $\vec{V}_{отн} = \vec{V}_2 - \vec{V}_1$. Т.к. $|\vec{V}_1| = |\vec{V}_2| = V$, то α = 45°. Из построений на рис. 2, получим x = 1 км; $s_{\min} = x \sin 45^\circ = 0,71$ км.

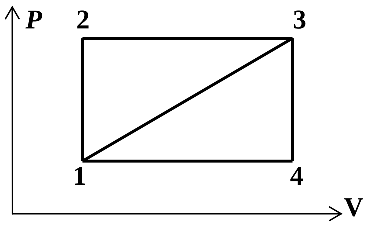
Возможно также аналитическое решение. Для этого следует записать расстояние s(t) между автомобилями и исследовать полученную квадратичную функцию на экстремум.

Критерии оценивания задачи 3 (в скобках критерии оценивания аналитического решения).

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.**
1	Записан закон сложения скоростей (Записана формула для расстояния между автомобилями $s^2 = x_2^2 + y_1^2$)	от 1 до 2 баллов
2	Сделаны необходимые геометрические построения (записаны аналитические формулы для $x_2(t)$ и $y_1(t)$, получено выражение для $s^2(t)$)	от 1 до 6 баллов
	Получено выражение для минимального расстояния	от 1 до 5 баллов
	Получен числовой ответ	от 1 до 2 баллов

4. Коэффициент полезного действия цикла 1–2–3–1, представленного на рисунке, равен $\eta_1 = \dfrac{1}{11}$.

Определите КПД цикла 1–3–4–1. Оба цикла совершаются с одним и тем же количеством некоторого (неизвестного) идеального газа.



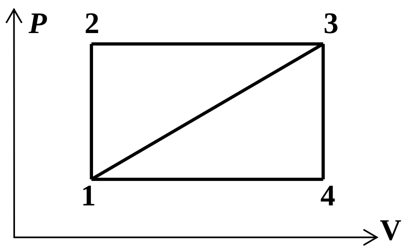
(MAX = 15 баллов)

Возможное решение

Обозначим через *A* работу за цикл 1-2-3-1. Точно такая же работа совершается за цикл 1-3-4-1. В цикле 1-2-3-1 полученное тепло $Q_{пол} = Q_{12} + Q_{23}$, а отданное $Q_{отд} = |Q_{31}|$. Тогда $A = Q_{пол} - Q_{отд}$.

В цикле 1-3-4-1 полученное тепло $Q'_{пол} = Q_{13} = |Q_{31}| = Q_{отд}$, отданное тепло $Q'_{отд} = |Q_{34}| + |Q_{41}|$, $A = Q'_{пол} - Q'_{отд}$.

КПД циклов 1-2-3-1 η_1 и 1-3-4-1 η_2 вычисляются по формулам:



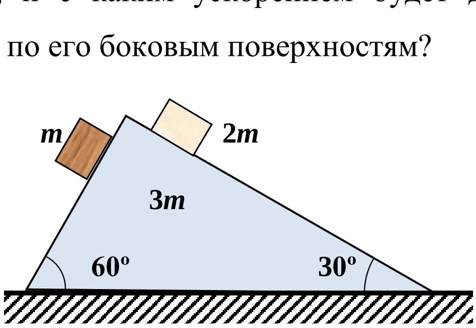
$$\begin{cases} \eta_1 = \dfrac{A}{Q_{пол}} = \dfrac{A}{A+|Q_{31}|}, & \Rightarrow \dfrac{1}{\eta_1} = 1 + \dfrac{|Q_{31}|}{A} \Rightarrow \\ \eta_2 = \dfrac{A}{Q'_{пол}} = \dfrac{A}{|Q_{31}|}, & \Rightarrow \dfrac{|Q_{31}|}{A} = \dfrac{1}{\eta_1} - 1 = \dfrac{1-\eta_1}{\eta_1}. \end{cases}$$

Тогда кпд цикла 1-3-4-1 выражается через кпд цикла 1-2-3-1. $\eta_2 = \dfrac{\eta_1}{1-\eta_1} = \dfrac{1}{10}$.

Критерии оценивания задачи 4.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.**
1	Записаны формулы для $Q_{пол}$ и $Q_{отд}$ для обоих циклов	по 1 баллу за каждую формулу – всего 4 балла
2	Записана формулы для КПД обоих циклов	по 2 балла за каждую формулу – всего 4 балла
3	Проведены необходимые алгебраические преобразования и получена правильная формула для искомой величины	от 1 до 5 баллов
4	Сделаны подстановки числовых значений и получен правильный числовой ответ	от 1 до 2 баллов

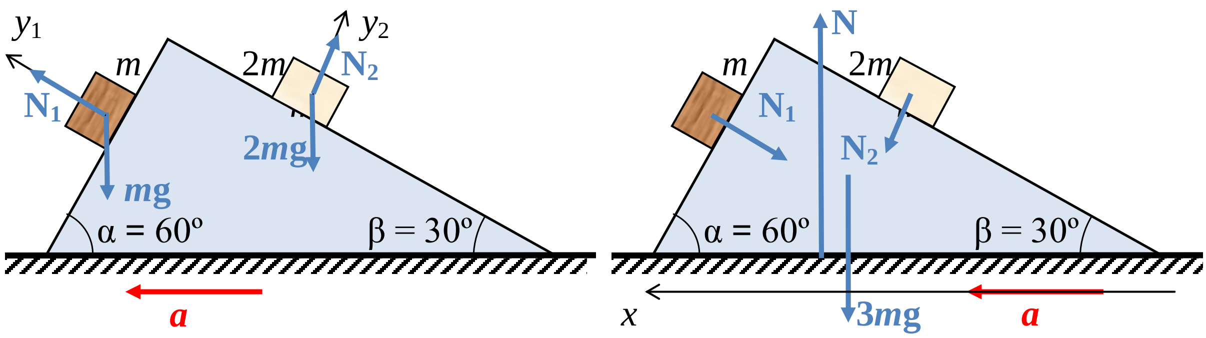
5. На гладкой горизонтальной поверхности находится гладкий клин массой $3m$, имеющий форму треугольной призмы, в основании которой лежит прямоугольный треугольник с углами 60º и 30º. На клин осторожно поставили два гладких тела, массами m и $2m$, как показано на рисунке. Определите, в какую сторону, и с каким ускорением будет двигаться клин, если оба тела одновременно начнут скользить по его боковым поверхностям?



(MAX = 25 баллов)

Возможное решение

Предположим, что клин движется влево. Пусть ускорение клина равно a. Запишем уравнения динамики для обоих тел (см. рисунок)



$$y_1 : N_1 - mg\cos\alpha = ma\sin\alpha, \quad \textbf{(2-1)}$$

$$y_2 : N_2 - 2mg\cos\beta = -2ma\sin\beta. \quad \textbf{(2-2)}$$

Этих двух уравнений достаточно для нахождения сил давления на клин, которые равны N_1 и N_2.

Тогда $N_1 = m(g\cos\alpha + a\sin\alpha)$, **(2-3)**

$$N_2 = 2m(g\cos\beta - a\sin\beta). \quad \textbf{(2-4)}$$

Уравнение движения клина в проекции на ось *x*:

$$x : -N_1\sin\alpha + N_2\sin\beta = 3ma. \quad \textbf{(2-5)}$$

Подставим в (2-5) формулы для N_1 и N_2 из (2-3) и (2-4) и найдем ускорение клина

$$a = \frac{g\left(\sin 2\beta - \frac{1}{2}\sin 2\alpha\right)}{3 + \sin^2\alpha + 2\sin^2\beta} = \frac{\sqrt{3}}{17}g = 0{,}1 \text{ м/с}^2.$$

Т.к. $a > 0$, значит предположение, что клин движется влево верно.

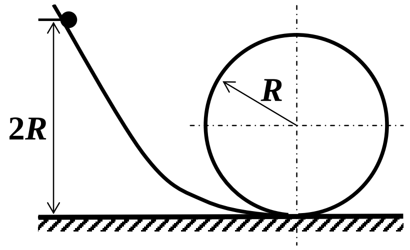
Ответ. Клин движется влево с ускорением $a = \frac{\sqrt{3}}{17}g = 0{,}1$ м/с^2.

Критерии оценивания задачи 5.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. **Баллы за каждый верный элемент решения суммируются**	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.**
1	Сделан рисунок и правильно расставлены все силы, действующие на оба тела и на клин	от 1 до 3 баллов в зависимости от правильности и полноты рисунка
2	Установлено, что клин движется вправо	от 1 до 2 баллов в зависимости от полноты объяснений
3	Записаны уравнения динамики для каждого тела (2-1) и (2-2) или аналогичные при выборе других осей	по 2 балла для каждого тела (всего 4 балла)
4	Получены выражения сил давления каждого тела, в зависимости от ускорения клина (2-3), (2-4)	по 2 балла за каждую формулу (всего 4 балла)
5	Записаны уравнения динамики для клина (2-5) или аналогичные при выборе других осей	от 1 до 2 баллов

6	Сделаны необходимые алгебраические преобразования и получена формула для ускорения a клина	от 1 до 8 баллов в зависимости от правильности и полноты решения
7	Проведен правильный численный расчет и записан числовой ответ	от 1 до 2 баллов

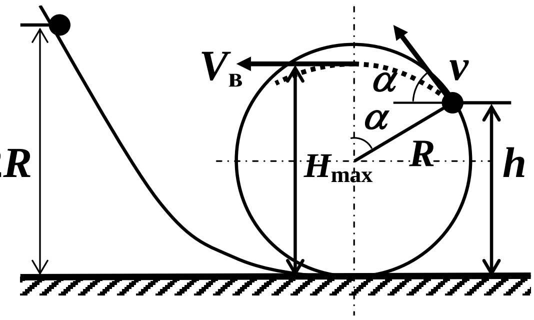
6. Шарик скользит без трения по наклонному желобу, а затем движется по «мертвой петле» радиуса R (см. рисунок). Высота, с которой отпускают шарик, равна $2R$. На какой максимальной высоте окажется шарик после отрыва от петли?



(MAX = 25 баллов)

Возможное решение

Найдем высоту h, на которой шарик отрывается от петли; α – угол отрыва, v – скорость шарика в момент отрыва (см. рисунок).



$$mg \cdot 2R = mgh + \frac{mv^2}{2}, \qquad \textbf{(1)}$$

$$N + mg\cos\alpha = \frac{mv^2}{R}, \qquad \textbf{(2)}$$

$N = 0$, (*условие отрыва*) **(3)**

$$h = R + R\cos\alpha. \qquad \textbf{(4)}$$

$$\Rightarrow \cos\alpha = \frac{2}{3},\ h = \frac{5}{3}R,\ v = \sqrt{\frac{2}{3}gR}.\ (5)$$

Шарик движется по мертвой петле до точки, находящейся на высоте $h = \frac{5}{3}R$***. В этой точке шарик отрывается от петли, и затем движется свободно по параболе, как тело, брошенное под углом*** α ***к горизонту.***

Максимальную высоту $H_{\max}$ можно найти с помощью формул кинематики, а можно с помощью закона сохранения энергии.

$$mgh + \frac{mv^2}{2} = mgH_{\max} + \frac{mV_{в}^2}{2},\ (6)\ \text{где}\ V_{в} = v\cos\alpha.$$

$$\Rightarrow H_{\max} = h + \frac{v^2}{2g}(1 - \cos^2\alpha) = \frac{50}{27}R.$$

Критерии оценивания задачи 6.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.**
1	Сделан рисунок, на котором расставлены все силы, действующие на шарик	1 балл
2	Записано уравнение (1) закона сохранения энергии	от 1 до 4 баллов
3	Записано уравнение (2) динамики движения шарика внутри петли	от 1 до 4 баллов
4	Записано условие отрыва (3)	1 балл
5	Записано геометрическая связь высоты h и угла α (4)	2 балла
6	Проведены необходимые алгебраические преобразования и получены формулы (5) для h, α или v	от 1 до 5 баллов
7	Записаны уравнения для расчета максимальной высоты $H_{\max}$ (закон сохранения энергии (6) или уравнения кинематики)	от 1 до 4 баллов
8	Проделаны необходимые алгебраические преобразования и получена формула для $H_{\max}$	от 1 до 4 баллов