Решение заданий для 10 класса. Вариант 7. Вариант 8. Вариант 9.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАЧ.

Максимальный балл за каждую задачу – MAX = 20.

За каждую задачу выставляется целое число баллов от 0 до 20. 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.

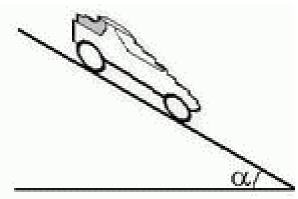
Если решение абсолютно верное, содержит все необходимые формулы и физические законы, имеет понятные пояснения, а также проведены необходимые математические преобразования и получен правильный ответ (ответы) – это MAX = 20 баллов.

Верные решения задач могут отличаться от авторских.

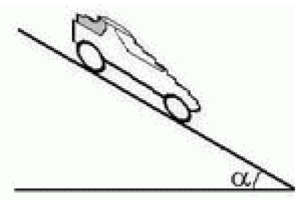
За отсутствие пояснений, ответа или единиц физических величин можно снять 1-2 балла.

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.

Задача 1. Вариант 7. (20 *баллов*) Автомобиль разгоняется вниз по наклонной дороге с постоянным ускорением a = 1 м/с^2 (см. рисунке). Каким должен быть коэффициент трения шин автомобиля с покрытием дороги, чтобы это было возможно? Угол наклона дороги α = 30°. Покажите на рисунке направление силы трения.



Задача 1. Вариант 8. (20 *баллов*) Автомобиль разгоняется вниз по наклонной дороге с постоянным ускорением a = 7 м/с^2 (см. рисунке). Каким должен быть коэффициент трения шин автомобиля с покрытием дороги, чтобы это было возможно? Угол наклона дороги α = 30°. Покажите на рисунке направление силы трения.



Решение.

7 вариант	8 вариант
Т.к. $a < g\sin\alpha$, то **сила трения направлена вниз**. Тогда	Т.к. $a > g\sin\alpha$, то **сила трения направлена вверх**. Тогда
$\begin{cases} F_{\text{тр}} + mg\sin\alpha = ma, \\ N - mg\cos\alpha = 0, \\ F_{\text{тр}} \le \mu N \end{cases} \Rightarrow$	$\begin{cases} -F_{\text{тр}} + mg\sin\alpha = ma, \\ N - mg\cos\alpha = 0, \\ F_{\text{тр}} \le \mu N \end{cases} \Rightarrow$
$\mu \ge \dfrac{g\sin\alpha - a}{g\cos\alpha} = 0{,}46$ м/с^2.	$\mu \ge \dfrac{a - g\sin\alpha}{g\cos\alpha} = 0{,}23$ 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. (MAX = 20 баллов)**
1	Сделан рисунок и расставлены все силы, действующие на автомобиль	от 1 до 2 баллов
2	Объяснено и показано правильное направление силы трения	от 1 до 3 баллов. (1 балл,если нет объяснений)
3	Записаны уравнения динамики	от 1 до 3 баллов
4	Записана связь силы трения и силы нормальной реакции	от 1 до 2 баллов
5	Сделаны необходимые алгебраические преобразования и получен ответ в аналитическом виде	от 1 до 8 баллов
7	Проведен численный расчет и получен числовой ответ с правильными единицами	от 1 до 2 баллов

Задача 1. Вариант 9. (20 *баллов*) Максимальное стартовое ускорение полноприводного автомобиля при подъеме по наклонному шоссе $a_1 = 0{,}3g$, а при спуске $a_2 = 0{,}7g$ (*g* – ускорение свободного падения). Найдите коэффициент трения шин с покрытием шоссе.

Решение.

При подъеме сила трения направлена вверх, и ее максимальное значение равно $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg\cos\alpha$. Тогда максимальное ускорение автомобиля при подъеме $a_1 = g(\mu\cos\alpha - \sin\alpha)$. При спуске сила трения направлена вниз и ускорение $a_2 = g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)$.

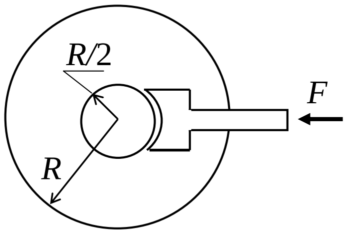
9 вариант
Решая полученную систему, найдем $\sin\alpha = \frac{a_2 - a_1}{2g} = 0,2$.
Тогда $\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = 0,98$.
$\mu = \frac{a_1 + a_2}{2g\cos\alpha} \approx 0,5$.

Критерии оценивания задачи 1.

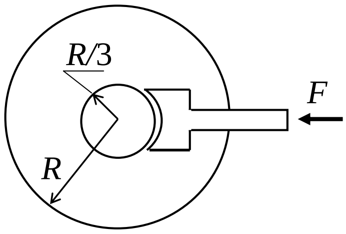
	Решение содержит следующие верные элементы решения. **Баллы за каждый верный элемент решения суммируются**	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 20 баллов)**
1	Сделан рисунок и правильно указаны направления сил, действующих на автомобиль	2 балл (1 балл при подъеме, 1 балл при спуске)
2	Записана формула для силы трения	1 балл
3	Правильно записаны уравнения 2 закона Ньютона на оси координат при подъеме	от 1 до 2 баллов
4	Правильно записаны уравнения 2 закона Ньютона на оси координат при спуске	от 1 до 2 баллов
5	Получена формулы для ускорения a_1	от 1 до 2 баллов
6	Получена формулы для ускорения a_2	от 1 до 2 баллов
7	Найден sinα	от 1 до 2 баллов
8	Найден cosα	1 балл
9	Сделаны необходимые алгебраические преобразования и получен ответ в аналитическом виде	от 1 до 4 баллов

10	Проведен численный расчет и получен числовой ответ с правильными единицами	от 1 до 2 баллов

Задача 2. Вариант 7. (20 *баллов*) Тяжелое колесо массой m и радиусом R вращается на оси с угловой скоростью ω. С колесом жестко связан легкий тормозной барабан радиусом $R/2$, к которому прижимается с силой F тормозная колодка (см. рисунок). Коэффициент трения между колодкой и барабаном равен μ. Чему равно время торможения? Сколько оборотов сделает колесо до полной остановки? Всю массу колеса считать сосредоточенной в ободе.



Задача 2. Вариант 8. (20 *баллов*) Тяжелое колесо массой m и радиусом R вращается на оси с угловой скоростью ω. С колесом жестко связан легкий тормозной барабан радиусом $R/3$, к которому прижимается с силой F тормозная колодка (см. рисунок). Коэффициент трения между колодкой и барабаном равен μ. Чему равно время торможения? Сколько оборотов сделает колесо до полной остановки? Всю массу колеса считать сосредоточенной в ободе.



Решение

Уравнение динамики вращательного движения колеса: $I\varepsilon = M_{F_{\text{тр}}}$, где $I = mR^2$ – момент инерции колеса, $M_{F_{\text{тр}}} = F_{\text{тр}}r$ – момент силы трения $F_{\text{тр}} = \mu F$, тормозящей колесо, r – радиус тормозного барабана, ε – угловое ускорение колеса. Откуда $\varepsilon = \dfrac{\mu Fr}{mR^2}$.

Условие остановки колеса: $\omega(t) = \omega - \varepsilon t = 0$. $\Rightarrow$ $t = \dfrac{\omega}{\varepsilon} = \dfrac{m\omega R^2}{\mu Fr}$. Число оборотов N, которое колесо сделает до полной остановки, найдем из условия: $\varphi(t) = 2\pi N = \omega t - \dfrac{\varepsilon t^2}{2} = \dfrac{\varepsilon t^2}{2} = \dfrac{\omega^2}{2\varepsilon}$. $\Rightarrow$

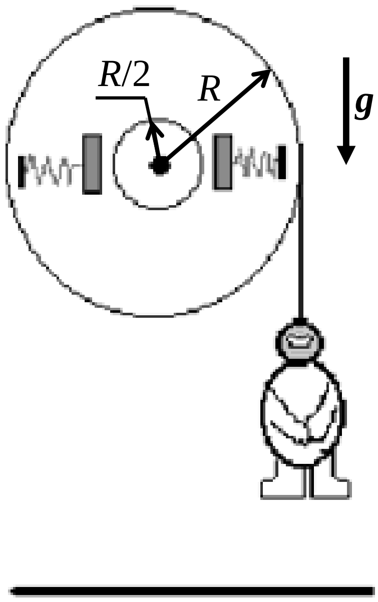
$$N = \frac{m\omega^2 R^2}{2\pi\mu Fr}.$$

Ответ. 2-7 ($r = R/2$). $t = \dfrac{2m\omega R}{\mu F}$, $N = \dfrac{m\omega^2 R}{\pi\mu F}$. **2.8.** ($r = R/3$). $t = \dfrac{3m\omega R}{\mu F}$, $N = \dfrac{3m\omega^2 R}{2\pi\mu F}$.

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. (MAX = 20 баллов)**
1	Записана формула для силы трения	1 балл
2	Получена формула для ускорения (углового ускорения) колеса	от 1 до 4 баллов
3	Записано условие остановки колеса и получено время торможения	от 1 до 7 баллов
4	Получено число оборотов колеса до полной остановки	от 1 до 8 баллов

Задача 2. Вариант 9. (20 *баллов*) Для тренировки космонавтов используется имитатор невесомости, изображенный на рисунке. Космонавт крепится к легкому тросу, намотанному на легкий барабан радиуса R. На барабане имеется тормозное устройство в виде цилиндра радиуса $R/2$, жестко соединенного с барабаном, к которому могут с постоянной силой F каждая прижиматься тормозные колодки. Оси тормозного цилиндра и барабана совпадают. Коэффициент трения между колодками и барабаном μ. В процессе тренировки космонавт свободно падает с нулевой начальной скоростью в течение времени τ, затем включается тормоз, и космонавт достигает земли с нулевой скоростью. Какова должна быть минимальная высота начальной точки полета?



Решение

Силу натяжения нити T, на которой висит космонавт, после включения тормозного устройства найдем, используя правило моментов: $T = \frac{r}{R} F_{\text{тр}}$, где сила трения $F_{\text{тр}} = \mu F$, r – радиус тормозного барабана. Тогда ускорение, которое может сообщить человеку тормозная система $a = \frac{T - mg}{m} = \frac{\mu F r}{mR} - g$.

За время свободного падения τ космонавт проходит путь $h_1 = \frac{g\tau^2}{2}$ и получает скорость $v_1 = g\tau$.

Путь, проходимый за время торможения $h_2 = \frac{v_1^2}{2a}$. Минимальная высота, с которой спускается космонавт $H = h_1 + h_2$.

$$\Rightarrow H = \frac{g\tau^2}{2} \cdot \frac{1}{1 - \frac{mgR}{\mu F r}}.$$

Ответ. ($r = R/2$). $H = \frac{g\tau^2}{2} \cdot \frac{1}{1 - \frac{2mg}{\mu F}}$.

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. (MAX = 20 баллов)**
1	Записана формула для силы трения	1 балл
2	Записано правило моментов и получена формула для силы натяжения нити	от 1 до 4 баллов
3	Записан второй закон Ньютона и получена формула для тормозящего ускорения	от 1 до 4 баллов
4	Записана формула для расстояния h_1 свободного падения	от 1 до 2 баллов
5	Записана формула для скорости v_1 свободного падения человека	от 1 до 2 баллов
6	Записана формула для пути h_2, проходимого за время торможения	от 1 до 2 баллов
7	Записана формула для минимальной высоты H	1 балл
8	Сделаны необходимые алгебраические преобразования и получен ответ	от 1 до 4 баллов

Задача 3. Вариант 7. (20 *баллов*) Тележка массой M движется по неподвижному горизонтальному конвейеру. В момент, когда тележка въезжает на конвейер и ее скорость равна V_0, на нее сверху опускается заготовка массой m. Через одну секунду в тележке под заготовкой открывается люк, и заготовка падает на конвейер. Еще через секунду на тележку снова опускается такая же заготовка, затем через секунду под заготовкой опять открывается люк, и т.д. Чему равно отношение массы заготовки к массе тележки $\frac{m}{M}$, если известно, что через 1 минуту после начала движения, в момент, когда на тележку опустилась очередная заготовка, скорость тележки стала равной $\frac{V_0}{2}$? Силой трения между тележкой и конвейером пренебречь.

Задача 3. Вариант 8. (20 *баллов*) Тележка массой M движется по неподвижному горизонтальному конвейеру. В момент, когда тележка въезжает на конвейер и ее скорость равна V_0, на нее сверху опускается заготовка массой $m = 0,01M$. Через одну секунду в тележке под заготовкой открывается люк, и заготовка падает на конвейер. Еще через секунду на тележку снова опускается такая же заготовка, затем через секунду под заготовкой опять открывается люк, и т.д. Какую скорость будет иметь тележка через 100 секунд после начала движения в момент, когда на тележку опустилась очередная заготовка? Силой трения между тележкой и конвейером пренебречь.

Решение

Рассмотрим последовательно различные моменты движения тележки.

1) $t = 0$. Из закона сохранения импульса получим скорость тележки с заготовкой u_0 в начальный момент, когда заготовка опустилась на тележку:

$$MV_0 = (M+m)u_0, \Rightarrow u_0 = \frac{MV_0}{M+m}. \quad (1)$$

2) $t = 1$ с. После открывания люка скорость тележки не изменится.

$$(M+m)u_0 = Mu_0' + mu_0, \Rightarrow u_0' = u_0. \ (2)$$

3) $t = 2$ с. На тележку снова падает заготовка, их скорость становится равной u_1. $\Rightarrow$

$$Mu_0 = (M+m)u_1, \Rightarrow u_1 = \frac{Mu_0}{M+m} = \left(\frac{M}{M+m}\right)^2 V_0 = \left(\frac{M}{M+m}\right)^{1+1} V_0.$$

4) $t = 3$ с. После открывания люка скорость тележки не изменится: $u_1' = u_1$.

5) $t = 4$ с. $Mu_1 = (M+m)u_2, \Rightarrow u_2 = \frac{Mu_1}{M+m} = \left(\frac{M}{M+m}\right)^3 V_0 = \left(\frac{M}{M+m}\right)^{2+1} V_0.$

Заготовка падает каждую четную секунду, каждую нечетную секунду открывается люк, скорость тележки при этом не изменяется. Тогда спустя время $t = 2n$ секунд скорость тележки станет равной

$$u_n = \left(\frac{M}{M+m}\right)^{n+1} V_0. \ (3)$$

Для получения окончательного ответа, воспользуемся условиями задачи.

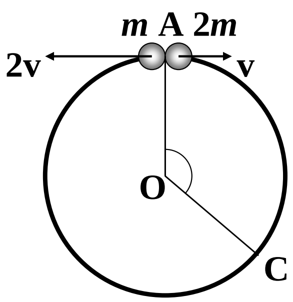
7 вариант	**8 вариант**
$t = 1$ мин $\Rightarrow n = 30$, $u_n = \frac{V_0}{2}$. $\Rightarrow \frac{m}{M} = \sqrt[31]{2} - 1 \approx 0{,}023$.	$t = 100$ с $\Rightarrow n = 50$, $\frac{m}{M} = 0{,}01$. $\Rightarrow u_n = \frac{V_0}{(1{,}01)^{51}} \approx 0{,}6V_0$.

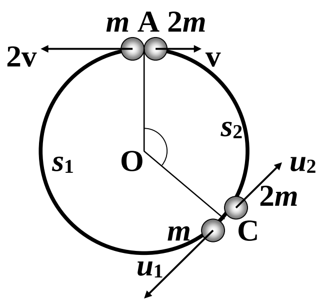
Критерии оценивания задачи 3.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. **Баллы за каждый верный элемент решения суммируются** **прибавляем количество баллов, если**	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.** **(MAX = 20 баллов)**

1	Записано уравнение закона сохранения импульса и получен правильный ответ для начального момента (1)	от 1 до 3 баллов
2	Записано уравнение закона сохранения импульса после того, как открывается люк, и получен правильный ответ (2)	от 1 до 5 баллов
3	Есть понимание, что каждую четную секунду, когда падает заготовка, скорость тележки меняется аналогично формуле (1), а каждую нечетную секунду, когда открывается люк, скорость тележки не изменяется.	от 1 до 2 баллов
4	Получена правильная формула для скорости тележки спустя время $t = 2n$ (3)	+от 1 до 5 баллов
5	Сделаны необходимые алгебраические преобразования и получен ответ	от 1 до 5 баллов

Задача 3. Вариант 9. (20 *баллов*) По гладкому горизонтальному проволочному кольцу могут скользить без трения две маленькие бусинки массами m и $2m$. Вначале бусинки находились в точке A кольца, как показано на рисунке. Бусинкам сообщают начальные скорости: бусинке массой m – скорость 2v, а бусинке массой $2m$ – скорость v, направленные в противоположные стороны. В процессе своего движения бусинки многократно сталкиваются друг с другом. Считая столкновения бусинок абсолютно упругими, определите угол AOC, если C – точка, в которой оказываются бусинки в момент их 2017-ого столкновения.





Решение.

Первое столкновение произойдет в точке C, в которой $\dfrac{s_1}{s_2} = \dfrac{2v}{v} = 2$ (см. рис.).

Обозначим u_1 и u_2 – скорости шариков m и $2m$ соответственно после столкновения, тогда

$$\begin{cases} mu_1 - 2mu_2 = 0, \\ \dfrac{mu_1^2}{2} + \dfrac{2mu_2^2}{2} = \dfrac{m(2v)^2}{2} + \dfrac{2mv^2}{2}, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u_1 = 2u_2, \\ u_1^2 + 2u_2^2 = 6v^2, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u_1 = 2v, \\ u_2 = v. \end{cases}$$

Таким образом, после первого столкновения модули скоростей шариков не изменились, изменились только их направления. Тогда второе столкновение произойдет в точке А. Каждое нечетное столкновение, в том числе и 2017-е, будет происходить в точке С. Если s_1 и s_2 – длины дуг (в радианах), то

$$\begin{cases} s_1 + s_2 = 2\pi, \\ s_1 = 2s_2, \end{cases} \Rightarrow 3s_2 = 2\pi, \Rightarrow s_2 = \frac{2\pi}{3} \text{ и } \angle \text{AOC} = 120^\circ.$$

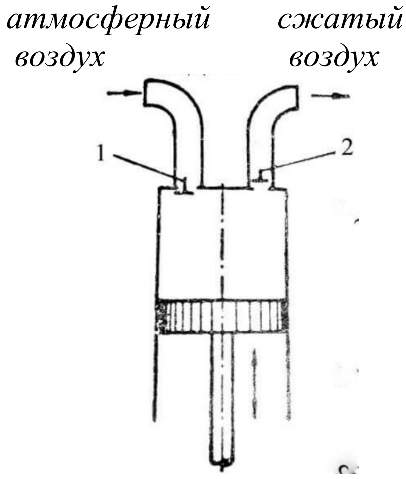
Ответ. $\angle \text{AOC} = 120^\circ \left(\textit{или } \dfrac{2\pi}{3} \right).$

Критерии оценивания задачи 3.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. **Баллы за каждый верный элемент решения суммируются** **прибавляем количество баллов, если**	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.** **(MAX = 20 баллов)**
1	Получено положение точки С, в которой произойдет первое столкновение (отношение s_1/s_2)	от 1 до 3 баллов
2	Записаны законы сохранения импульса и энергии при упругом столкновении	от 1 до 2 баллов
3	Сделаны необходимые алгебраические преобразования и получено решение системы (скорости шариков после столкновения)	от 1 до 8 баллов
4	Есть понимание, что каждое четное столкновение происходит в точке А, а каждое нечетное в точке С.	от 1 до 2 баллов
5	Получены значения дуг s_1 и s_2.	от 1 до 4 баллов
6	Записан (выделен) ответ	1 балл

Задача 4. Вариант 7. (20 *баллов*) Пустую камеру велосипеда, стоящего на горизонтальной дороге, медленно накачивают с помощью поршневого насоса (см. рисунок). В режиме рабочего хода клапан 1 закрывается, а клапан 2 открывается, поршень движется вверх, и сжатый воздух поступает в камеру велосипеда. При обратном ходе поршня клапан 2 закрывается, а клапан 1 открывается, и в

камеру насоса поступает атмосферный воздух при нормальном атмосферном давлении p_0 = 10^5 Па. Максимальный объем камеры насоса $V_н$ = 40 см^3. Сколько качаний необходимо сделать, чтобы при нагрузке на колесо, равной F = 500 Н, площадь его соприкосновения с дорогой стала равной S = 50 см^2? Объём камеры колеса неизменен и равен V = 2 л. Процесс накачивания считать изотермическим.



Задача 4. Вариант 8. (20 *баллов*) Пустую камеру велосипеда, стоящего на горизонтальной дороге, медленно накачивают с помощью поршневого насоса (см. рисунок). В режиме рабочего хода клапан 1 закрывается, а клапан 2 открывается, поршень движется вверх, и сжатый воздух поступает в камеру велосипеда. При обратном ходе поршня клапан 2 закрывается, а клапан 1 открывается, и в камеру насоса поступает атмосферный воздух при нормальном атмосферном давлении p_0 = 10^5 Па. Если сделать N = 100 качаний насоса, то при нагрузке на колесо, равной F = 250 Н, площадь его соприкосновения с дорогой становится равной S = 25 см^2. Чему равно отношение объема камеры колеса к максимальному объему камеры насоса? Процесс накачивания считать изотермическим. Объём камеры колеса при накачивании не изменяется.

Решение

Обеспечить заданную площадь соприкосновения камеры колеса с дорогой можно, если в ней создать давление $p = p_0 + \frac{F}{S}$. Следовательно, в ней должно находиться $\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{(p_0 S + F)V}{RTS}$ молей сжатого воздуха.

За один ход поршня из камеры насоса в камеру колеса должно поступать $\nu_1 = \frac{p_0 V_н}{RT}$ молей воздуха.

Поэтому необходимое число качаний $N = \frac{\nu}{\nu_1}$.

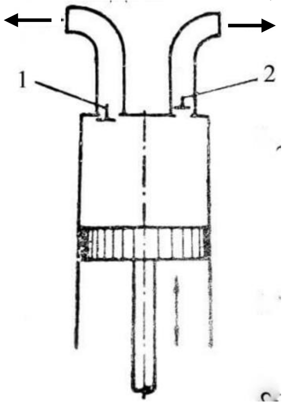
$$\Rightarrow\ N=\left(1+\frac{F}{p_0S}\right)\cdot\frac{V}{V_{\text{н}}}.$$

Ответ. 4-7. $N=\left(1+\frac{F}{p_0S}\right)\cdot\frac{V}{V_{\text{н}}}=100$. **4-8.** $\frac{V}{V_{\text{н}}}=\frac{N}{1+\frac{F}{p_0S}}=50$.

Критерии оценивания задачи 4

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются прибавляем количество баллов, если	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 20 баллов)**
1	Получена формула для давления сжатого воздуха	от 1 до 5 баллов
2	Записаны уравнения состояния (или закон Бойля-Мариотта), связывающие давления сжатого и атмосферного воздуха с объемами камер насоса и колеса	от 1 до 5 баллов
3	Указано как найти число качаний насоса	от 1 до 3 баллов
4	Сделаны необходимые алгебраические преобразования и получен ответ в аналитическом виде	от 1 до 5 баллов
5	Проведен численный расчет и получен числовой ответ с правильными единицами	от 1 до 2 баллов

Задача 4. Вариант 9. (20 *баллов*) К камере поршневого насоса (см. рисунок) подключили баллон с воздухом при атмосферном давлении. Насос начинает откачивать воздух из баллона. В режиме рабочего хода поршень насоса движется сверху вниз, при этом клапан 1 закрыт, а клапан 2 открыт. После завершения рабочего хода, клапан 2 перекрывает выход воздуха из баллона, клапан 1 открывается, и поршень движется снизу вверх, выпуская остаток воздуха из камеры насоса. Чему равно отношение объема баллона к максимальному объему камеры насоса, если известно, что давление воздуха в баллоне уменьшается в 10 раз после десяти рабочих ходов поршня? Процесс откачки считать изотермическим.



Решение

Обозначим V_0 – объем баллона, V – максимальный объем камеры насоса. Пусть поршень совершил (n-1) рабочих ходов. Запишем закон Бойля-Мариотта для в начале и конце n-го рабочего хода: $p_{n-1}V_0 = p_n\left(V_0 + V\right)$.

$$\Rightarrow p_n = p_{n-1}\left(\frac{V_0}{V_0 + V}\right).$$

Обозначим p_0 – начальное давление воздуха в сосуде. Тогда

$$p_n = p_0\left(\frac{V_0}{V_0 + V}\right)^n.$$

Используя данные задачи, получим

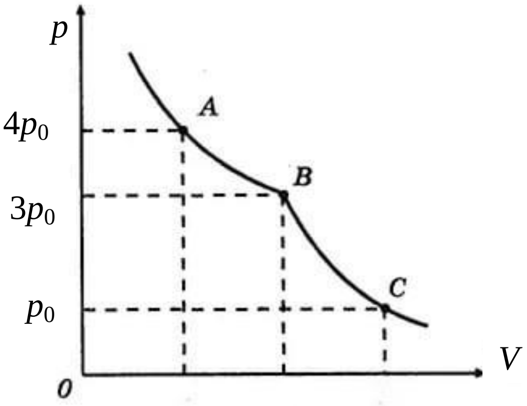
9 вариант
$p_n = \frac{p_0}{10}$, n = 10. $\Rightarrow \frac{V}{V_0} = \sqrt[10]{10} - 1 \approx 3{,}86$.

Критерии оценивания задачи 4

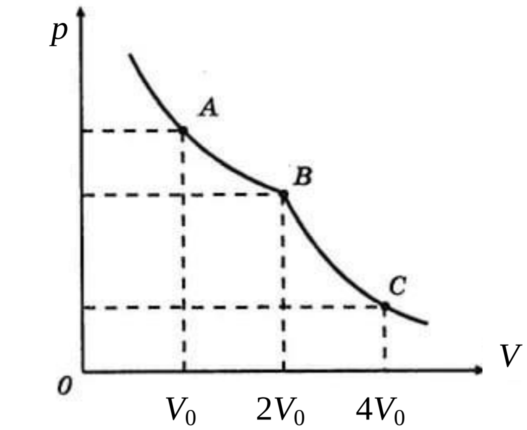
	Решение содержит следующие верные элементы решения. **Баллы за каждый верный элемент решения суммируются** **прибавляем количество баллов, если**	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.** **(MAX = 20 баллов)**

1	Записаны уравнения состояния (или закон Бойля-Мариотта), связывающие давление в камере и в сосуде в начале и конце рабочего хода поршня	от 1 до 5 баллов
2	Сделаны необходимые алгебраические преобразования и получена формула для давления разреженного воздуха после n качаний насоса	от 1 до 10 баллов
3	Проведен численный расчет и получен числовой ответ	от 1 до 5 баллов

Задача 5. Вариант 7. (20 *баллов*) На рисунке изображена изотерма влажного воздуха. Определите относительную влажность воздуха в точках A, B и C. В точке B изотерма имеет излом.



Задача 5. Вариант 8. (20 *баллов*) На рисунке изображена изотерма влажного воздуха. Определите относительную влажность воздуха в точках A, B и C. В точке B изотерма имеет излом.



Решение

Излом в точке В означает, что пар в точках А и В – насыщенный, а в точке С – ненасыщенный. Поэтому $\varphi_A = \varphi_B = 1$ (100%). В точке С $\varphi_C = \dfrac{p_п}{p_н}$, где $p_п$ – давление пара в точке С, $p_н$ – давление насыщенного пара. Давление влажного воздуха в точке В: $p_B = p_{свB} + p_н$, в точке С: $p_C = p_{свC} + p_п$. Давление сухого воздуха и давление пара в точках В и С подчиняются закону Бойля-Мариотта.

$$\begin{cases} p_{свB}V_B = p_{свC}V_C, \\ p_н V_B = p_п V_C \end{cases}, \Rightarrow\ p_B V_B = p_C V_C \ \Rightarrow \varphi_C = \frac{p_п}{p_н} = \frac{V_B}{V_C} = \frac{p_C}{p_B}.$$

Ответ. 5.7. $\varphi_A = \varphi_B = 1$ (100%), $\varphi_C = \dfrac{p_C}{p_B} = \dfrac{1}{3}$ (33,3%).

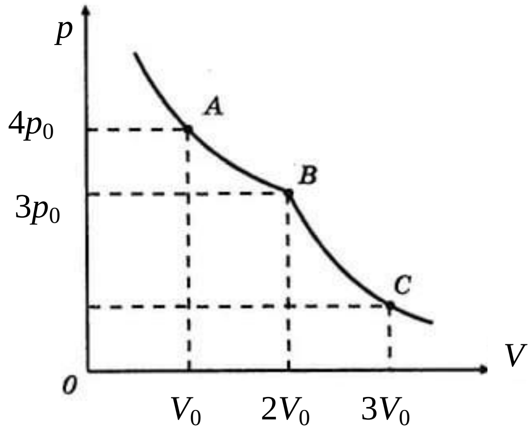
5.8. $\varphi_A = \varphi_B = 1$ (100%), $\varphi_C = \dfrac{V_B}{V_C} = \dfrac{1}{2}$ (50%).

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.** **(MAX = 20 баллов)**
1	Указано, что в точке А пар – насыщенный	1 балла
2	Указано, что в точке В пар – насыщенный	1 балл
3	Указано, что в точке С пар – ненасыщенный	1 балл
4	Получено значение влажности в точке А	2 балла
5	Получено значение влажности в точке В	2 балл
6	Записан закон Дальтона для давления влажного воздуха	от 1 до 4 баллов
7	Записан закон Бойля-Мариотта для сухого и влажного воздуха в точках В и С	от 1 до 4 баллов
8	Проделаны необходимые алгебраические преобразования и получен аналитическийответ для влажности воздуха в точке С	от 1 до 4 баллов

9	Проведен численный расчет и получен числовой ответ для влажности в точке С	1 балл

Задача 5. Вариант 9. (20 *баллов*) На рисунке изображена изотерма влажного воздуха. Определите давление насыщенного пара и давление влажного воздуха в точке С. В точке В изотерма имеет излом.



Решение

Излом в точке В означает, что пар в точках А и В – насыщенный, а в точке С – ненасыщенный. Используя закон Дальтона, запишем давление влажного воздуха в точках А, В и С как сумму давлений сухого воздуха и давления пара. Для сухого воздуха в точках А, В и С выполняется закон Бойля-Мариотта. Также закон Бойля-Мариотта можно записать для давлений пара в точках В и С.

9 вариант
$\begin{cases} 4p_0 = p_{с.в.A} + p_{н.п}, \\ 3p_0 = p_{с.в.B} + p_{н.п}, \\ p_C = p_{с.в.C} + p_{пC}, \\ p_{с.в.A}V_0 = p_{с.в.B} \cdot 2V_0, \\ p_{с.в.B} \cdot 2V_0 = p_{с.в.C} \cdot 3V, \\ p_{пC} \cdot 3V = p_{н.п} \cdot 2V \end{cases} \Rightarrow$
$p_{н.п} = 2p_0$, $p_C = 2p_0$.

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.** **(MAX = 20 баллов)**
1	Указано, что в точке А пар – насыщенный	1 балла
2	Указано, что в точке В пар – насыщенный	1 балл
3	Указано, что в точке С пар – ненасыщенный	1 балл
4	Записан закон Дальтона для давления влажного воздуха в точках А, В и С	от 1 до 3 баллов (по 1 баллу за каждое верное уравнение)
5	Записаны уравнения закона Бойля-Мариотта для сухого воздуха в точках А, В и С	от 1 до 2 баллов (по 1 баллу за каждое верное уравнение)
6	Записан закон Бойля-Мариотта для пара в точках В и С	1 балл
7	Проделаны необходимые алгебраические преобразования	от 1 до 9 баллов
8	Получено давление насыщенного пара	1 балл
9	Получено давление влажного воздуха в точке С	1 балл