

Московский государственный технический университет
имени Н.Э.Баумана

Олимпиада школьников «Шаг в будущее»
Инженерное дело «Профессор Жуковский» ФИЗИКА 2 тур
2018-2019 учебный год
10 класс

Вариант 9

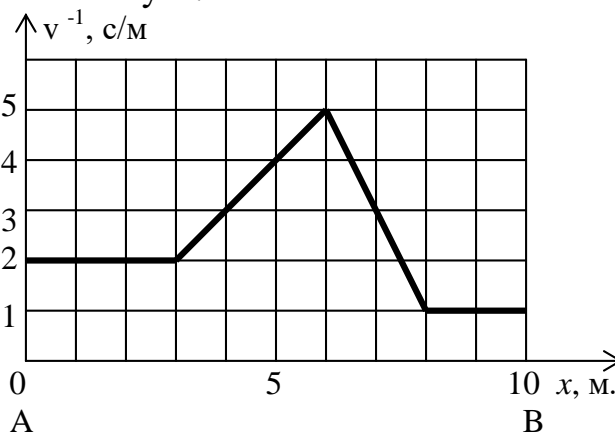
1. Поплавок находится на границе двух жидкостей. Плотность тяжелой жидкости в 2,5 раза больше плотности поплавок, а плотность легкой – в 2 раза меньше плотности поплавок. Какая часть объема поплавок погружена в тяжелую жидкость?

(10 баллов)

2. При изобарном охлаждении гелия выделилось $Q = 100$ Дж тепла. Какую работу совершил гелий при охлаждении?

(10 баллов)

3. Кузнечик перемещается вдоль прямой из точки А в точку В. График его движения приведен на рисунке, на котором по оси абсцисс отложена координата x кузнечика, а по оси ординат – величина, обратная скорости v кузнечика. Найдите время движения кузнечика из точки А в точку В.

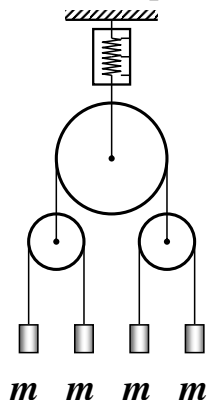


(15 баллов)

4. Атмосфера Венеры состоит в основном из углекислого газа CO_2 , температура которого вблизи поверхности планеты $T = 800$ К, а плотность $\rho = 6,6$ г/л. Оцените запасы в кг углекислого газа на Венере, считая, что толщина атмосферы много меньше радиуса планеты $r_{\text{В}} = 6300$ км. Ускорение свободного падения на Венере $g_{\text{В}} = 8,2$ м/с². Молярная масса CO_2 $\mu = 44$ г/моль. Универсальная газовая постоянная $R = 8,3$ Дж/К.

(15 баллов)

5. Механическая конструкция, состоящая из трех блоков и четырех грузов, подвешена к динамометру, как показано на рисунке. Массы грузов равны $m = 700$ г. Блоки невесомы, нити невесомы и нерастяжимы, трение отсутствует. На какую величину изменятся показания динамометра, если на один из грузов положить дополнительный груз такой же массы? Считать, что колебания конструкции быстро затухают и после этого снимаются показания динамометра.



(25 баллов)

6. Клин массой M лежит на гладкой горизонтальной поверхности. На гладкую грань клина, составляющую с горизонтом угол α , с высоты H падает шарик массой m . Определите скорость клина после удара. Удар считать абсолютно упругим, а время удара малым. Трение между шариком и клином отсутствует.

(25 баллов)

Критерии оценивания задач.

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

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 МАХ.

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.

Решения варианта 9

1. Поплавок находится на границе двух жидкостей. Плотность тяжелой жидкости в 2,5 раза больше плотности поплавок, а плотность легкой – в 2 раза меньше плотности поплавок. Какая часть объема поплавок погружена в тяжелую жидкость?

(МАХ = 10 баллов)

Возможное решение

Обозначим $V_1 = xV$ - объем погруженной части поплавок в тяжелую жидкость, $V_2 = (1-x)V$ - объем погруженной части поплавок в легкую жидкость. Условие плавания: $mg = F_A = \rho_1 g V_1 + \rho_2 g V_2$,

где $m = \rho V$ - масса поплавок, ρ - его плотность, V – объем поплавок.

Используя, исходные данные задачи: $\rho_1 = 2,5\rho$, $\rho_2 = 0,5\rho$, получим

$$x = \frac{\rho - \rho_2}{\rho_1 - \rho_2} = \frac{\rho - 0,5\rho}{2,5\rho - 0,5\rho} = 0,25.$$

Критерии оценивания задачи 1.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Записана формула для силы Архимеда	от 1 до 2 баллов
2	Записана связь массы и объема поплавок	1 балл
3	Записано условие плавания	от 1 до 2 баллов
4	Проведены необходимые алгебраические преобразования	от 1 до 3 баллов
5	Сделаны подстановки значений плотности и получен правильный числовой ответ	от 1 до 2 баллов

2. При изобарном охлаждении гелия выделилось $Q = 100$ Дж тепла. Какую работу совершил гелий при охлаждении?

(MAX = 10 баллов)

Возможное решение

Работа газа в изобарном процессе $A = p\Delta V = \nu R\Delta T$. Изменение внутренней энергии гелия (одноатомный газ) $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$.

Первое начало ТД $|Q| = |\Delta U + A| = \frac{5}{2}\nu R|\Delta T| = \frac{5}{2}|A|$.

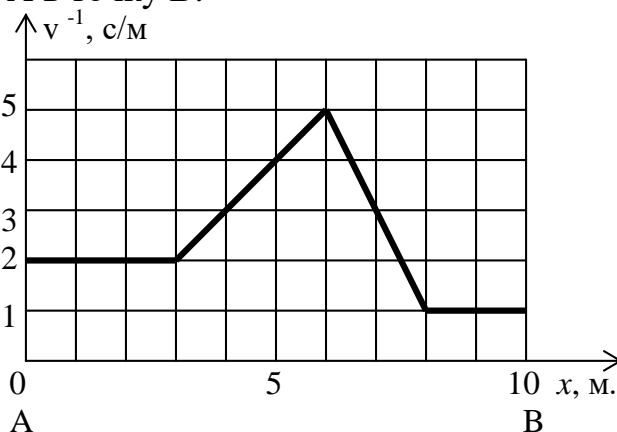
При изобарном охлаждении, газ сжимается и его работа $A < 0$. Тогда

$$A = -\frac{2}{5}|Q| = -40 \text{ Дж.}$$

Критерии оценивания задачи 2.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Записана формула для работы газа в изобарном процессе	1 балл
2	Записано уравнение состояния	1 балл
3	Записана формула для ΔU	1 балл
4	Проведены необходимые алгебраические преобразования и получена правильная формула для искомой величины	от 1 до 4 баллов
5	Установлено что $A < 0$	2 балла
	Проведен численный расчет и получен правильный ответ	1 балл

3. Кузнечик перемещается вдоль прямой из точки А в точку В. График его движения приведен на рисунке, на котором по оси абсцисс отложена координата x кузнечика, а по оси ординат – величина, обратная скорости v кузнечика. Найдите время движения кузнечика из точки А в точку В.



(MAX = 15 баллов)

Возможное решение

Разобьем время движения кузнечика от точки А до точки В на малые промежутки Δt_i , такие, что скорость движения за этот промежуток можно считать постоянной. Тогда $\Delta t_i = v_i^{-1} \Delta l_i$. Полное время движения при этом $t = \sum_i \Delta t_i = \sum_i v_i^{-1} \Delta l_i$. Откуда понятно, что время движения кузнечика равно площади под графиком функции $v_i^{-1}(l)$. Посчитаем эту площадь (см. рис.) и найдем $t = 24,5$ с.

Критерии оценивания задачи 3.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Установлено, что время равно площади под графиком	от 1 до 10 баллов
2	Посчитана площадь под графиком и найдено время движения кузнечика	от 1 до 5 баллов

4. Атмосфера Венеры состоит в основном из углекислого газа CO_2 , температура которого вблизи поверхности планеты $T = 800$ К, а плотность $\rho = 6,6$ г/л. Оцените запасы в кг углекислого газа на Венере, считая, что толщина атмосферы много меньше радиуса планеты $r_B = 6300$ км. Ускорение свободного падения на Венере $g_B = 8,2$ м/с². Молярная масса CO_2 $\mu = 44$ г/моль. Универсальная газовая постоянная $R = 8,3$ Дж/К.

(МАХ = 15 баллов)

Возможное решение

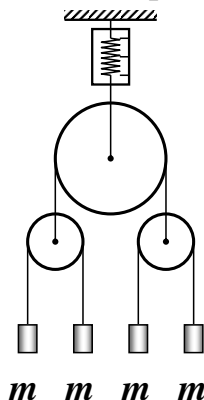
Массу атмосферы Венеры M найдем из выражения для давления вблизи его поверхности.

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT = \frac{Mg_B}{4\pi r_B^2} \Rightarrow M = \frac{4\pi r_B^2 \rho RT}{\mu g_B} \approx 6 \cdot 10^{19} \text{ кг.}$$

Критерии оценивания задачи 4.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Записано уравнение состояния (связь давления и плотности) газа	4 балла
2	Записана формула, связывающая массу атмосферы с давлением	5 баллов
3	Проведены необходимые алгебраические преобразования и получена правильная формула для искомой величины	от 1 до 5 баллов
4	Проведен численный расчет и получен правильный ответ	1 балл

5. Механическая конструкция, состоящая из трех блоков и четырех грузов, подвешена к динамометру, как показано на рисунке. Массы грузов равны $m = 700$ г. Блоки невесомы, нити невесомы и нерастяжимы, трение отсутствует. На какую величину изменятся показания динамометра, если на один из грузов положить дополнительный груз такой же массы? Считать, что колебания конструкции быстро затухают и после этого снимаются показания динамометра.

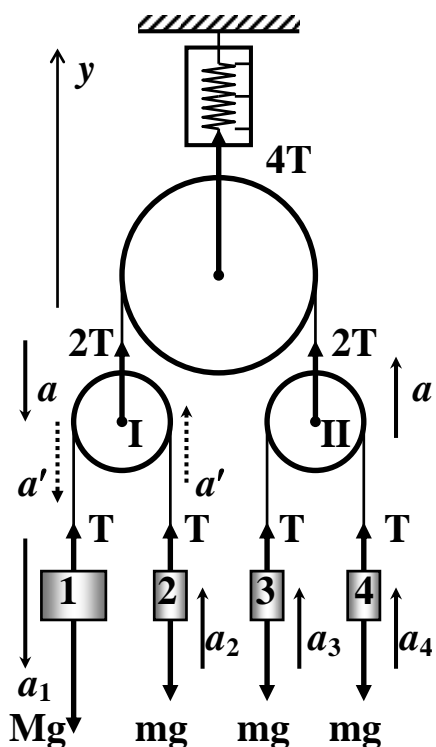


(MAX = 25 баллов)

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 $M = 2m$. 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. $|\vec{a}_2| = a$, 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:

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

При $M = 2m$, $P_2 = \frac{32}{7}mg$.

Тогда $\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{32}{7}mg - 4mg = \frac{4}{7}mg = \frac{4 \cdot 0,7 \cdot 10}{7} = 4 \text{ Н}$.

Критерии оценивания задачи 5.

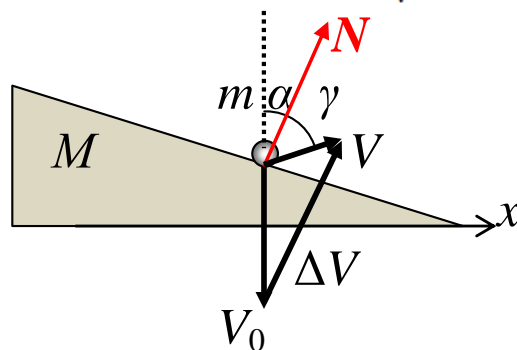
	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Получено выражение для P_1	от 1 до 2 баллов
2	Записаны уравнения динамики для грузов	для каждого груза от 1 до 2 баллов (максимум 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 4 баллов
6	Проведен численный расчет и получен правильный ответ	1 балл

6. Клин массой M лежит на гладкой горизонтальной поверхности. На гладкую грань клина, составляющую с горизонтом угол α , с высоты H падает шарик массой m . Определите скорость клина после удара. Удар считать абсолютно упругим, а время удара малым. Трение между шариком и клином отсутствует.

(MAX = 25 баллов)

Возможное решение

Закон сохранения энергии: $Mgh = mV_0^2/2, \Rightarrow V_0 = \sqrt{2gh}$.



Т.к. трение между шариком и клином отсутствует, то сила взаимодействия шарика и клина \vec{N} перпендикулярна наклонной грани клина (см. рисунок). Из закона изменения импульса для шарика $m\Delta\vec{V} = \vec{N}\Delta t$, следует, что вектор изменения импульса $\Delta\vec{V} = \vec{V} - \vec{V}_0$ параллелен \vec{N} . Запишем теорему синусов для треугольника, образованного векторами \vec{V}_0 , \vec{V} и $\Delta\vec{V}$, а также законы сохранения энергии и проекции импульса на ось x при упругом ударе.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{V_0}{\sin \gamma} = \frac{V}{\sin \alpha}, \\ \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV^2}{2} + \frac{mu^2}{2}, \Rightarrow u = \frac{m \sin 2\alpha \sqrt{2gh}}{M + m \sin^2 \alpha}. \\ mV \sin(\alpha + \gamma) = Mu. \end{array} \right.$$

Критерии оценивания задачи 6.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Найдена скорость шарика в момент падения	1 балл
2	Записан закон изменения импульса для шарика	от 1 до 2 баллов
3	Установлено, что $\Delta \vec{V} \perp \vec{N}$	5 баллов
4	Получена связь скоростей шарика до и после столкновения	от 1 до 5 баллов
5	Записан закон сохранения энергии при столкновении	от 1 до 2 баллов
6	Записан закон сохранения проекции импульс системы на горизонт.направление	от 1 до 5 баллов
7	Проведены необходимые алгебраические преобразования и получена искомая величина	от 1 до 5 баллов