

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника
главного управления
по образованию

Брестского облисполкома

И.А. Попова

« 2 » ноября 2023 г.

ВТОРОЙ ЭТАП РЕСПУБЛИКАНСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО УЧЕБНОМУ ПРЕДМЕТУ «ФИЗИКА»

XI класс

Задача 1. Бегун

Усейн Болт пробежал 100 метров за 9,58 секунды, сделав 41 шаг. Будем упрощенно считать, что ускорение при разбеге составляло $0,80$ ускорения свободного падения g , а после достижения некоторой скорости, он сохранял ее до конца дистанции постоянной. Считая, что $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ и не учитывая конечное время реакции на старте, найдите:

- А) среднюю скорость Усейна Болта на дистанции в м/с и в км/ч;
- Б) среднюю длину шага;
- В) среднюю частоту шагов;
- Г) его конечную скорость;
- Д) какое расстояние он преодолел ускоряясь.

Задача 2. Газовая смесь

В теплотехнике используется понятие **объемной доли газа** – это отношение объема каждого компонента, входящего в смесь, к объему всей газовой смеси при условии, что давление и температура компонента равно давлению и температуре смеси.

$$r_i = \frac{V_i}{V} = \frac{V_i}{\sum V_i}.$$

Далее рассматриваются только идеальные газы.

А) Покажите, что для идеальных газов объемная доля газа совпадает с молярной долей:

$$x_i = \frac{V_i}{V}.$$

v – количество вещества в смеси.

Б) Выразите массовые доли g_i через объемные доли: $g_i = \frac{m_i}{m}.$

m – масса смеси.

В) Выразите молярную массу газовой смеси через объемные доли компонентов смеси.

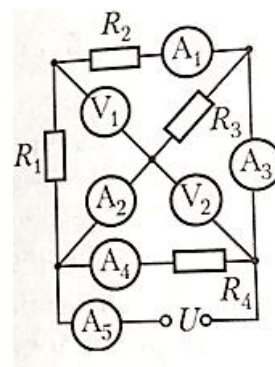
Г) Выразите парциальные давления компонентов газовой смеси через объемные доли компонентов смеси и давление смеси.

Д) Газовая смесь имеет объемный состав: CO_2 – 12,2 %, O_2 – 7,10 %, N_2 – 80,7%. Определите массовый состав, молярную массу, плотность смеси и парциальные давления компонентов смеси при давлении смеси 500 кПа и температуре 27°C.

Относительные атомные массы $M_r(\text{C}) = 12,0$; $M_r(\text{O}) = 16,0$; $M_r(\text{N}) = 14,0$.
Универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К)

Задача 3. Найди показания приборов

В электрической цепи сопротивления резисторов $R_1 = 110$ Ом, $R_2 = 220$ Ом, $R_3 = 330$ Ом, $R_4 = 440$ Ом. Все электроизмерительные приборы идеальные. Вольтметр V_1 показывает напряжение $U_1 = 8,00$ В. Найдите показания остальных приборов и напряжение U .



Задача 4. Законы обратных квадратов

Закон Кулона и закон всемирного тяготения математически сходны, их называют законами обратных квадратов.

А) Найдите, опираясь на это сходство, выражение для потенциальной энергии взаимодействия двух точечных масс. **Подсказка:** так как массы всегда притягиваются, потенциальная энергия отрицательна.

Б) Потенциальная энергия взаимодействия двух однородных шаров или шара и материальной точки описывается такой же формулой, как для точечных масс, при этом в формулу входит расстояние между центрами шаров или центром шара и точкой. **Получите формулу для второй космической скорости.** Вторая космическая скорость (скорость убегания) – наименьшая скорость, которую необходимо придать стартующему с поверхности небесного тела объекту для преодоления гравитационного притяжения этого небесного тела и покидания замкнутой орбиты вокруг него. **Подсказка:** воспользуйтесь законом сохранения энергии.

В) Вычислите вторую космическую скорость для Земли. Радиус Земли считайте равным $6,4 \cdot 10^3$ км, $g = 9,8$ м/с².

Г) Выразите скорость убегания в точке, близкой к двум покоящимся телам (расстояния до центров тел r_1 и r_2), через скорости убегания каждого из отдельных тел для данных расстояний от каждого из тел (можно считать, что скорость убегания определяется не обязательно для поверхности).

Д) Тело выстреливается вертикально вверх с поверхности Земли со скоростью, меньшей скорости убегания. Выведите формулу, выражающую максимальную высоту h , которую достигает тело, через радиус Земли и высоту h_0 , которую тело достигло бы в идеализированном однородном, то есть независимом от высоты гравитационном поле.

Е) Найдите высоту h , для которой она превышает h_0 на 1 процент.

Задача 5. Хитрости звука и света

В этой задаче вам надо будет проанализировать некоторые явления и задачи, связанные со звуковыми и электромагнитными волнами.

Эффект Допплера – изменение частоты колебаний, воспринимаемой наблюдателем при движении источника колебаний и наблюдателя друг относительно друга.

Проанализируйте эффект Допплера для звука.

А) Выведите формулу для принимаемой частоты звука, когда источник звука неподвижен относительно среды, а наблюдатель приближается к (удаляется от) источнику.

Б) Выведите формулу для принимаемой частоты звука, когда наблюдатель неподвижен относительно среды, а источник приближается к (удаляется от) наблюдателю.

В) Какую частоту звука зафиксирует наблюдатель, если: а) источник звука приближается к неподвижному относительно воздуха наблюдателю со скоростью 40,0 м/с; б) наблюдатель приближается к неподвижному относительно воздуха источнику с той же скоростью? Частота источника звука 600 Гц. Скорость звука в воздухе считайте равной 340 м/с.

Г) Для электромагнитных волн согласно теории относительности, наблюдатель всегда может считать себя покоящимся и считать, что движется источник. Для скоростей, малых, по сравнению со скоростью света в вакууме ($c = 2,998 \cdot 10^8$ м/с) можно использовать ту же формулу, что и для звуковых волн, заменив скорость звука в среде на скорость света в вакууме. **Замечание:** скорость света не зависит от скорости источника.

Длина волны определенной спектральной линии в солнечном спектре равна 5895,92 Ангстрема при наблюдении по направлению к полюсу Солнца. При наблюдении той же линии по направлению на край солнечного диска на экваторе обнаруживается смещение на 0,040 Ангстрема. **Найдите линейную скорость солнечного экватора.**

Период обращения Солнца для разных солнечных широт разный. **Оцените период обращения Солнца на экваторе в сутках. Радиус Солнца считайте равным 696 тысяч км.**

Д) Всем известны опыты по изменению высоты голоса при вдыхании гелия, но не так просто сходу дать правильное объяснение.

Звук музыкальных инструментов усиливают с помощью резонаторов. Пример простого резонатора – органная труба – усиливает такие волны, для которых на длине трубы укладывается нечетное число четвертей длины волны. Для более сложных резонаторов также будут усиливаться определенные длины волн, определяемые размерами и формой резонатора. В человеческом организме также существуют резонаторы, усиливающие звук для определенных длин волн.

Пусть в спектре голоса человека содержатся частоты 500 Гц, 1000 Гц и 3000 Гц. **Определите спектральный состав голоса человека после вдыхания а) гелия и б) элегаза SF_6 .** Относительные атомные массы $M_r(\text{He}) = 4,0$, $M_r(\text{S}) = 32,1$, $M_r(\text{F}) = 19,0$. Молярная масса воздуха 29,0 г/моль. **Подсказка** – можно считать, что скорость звука пропорциональна среднеквадратичной скорости движения молекул с примерно одинаковым коэффициентом пропорциональности для разных газов.

Задача 6. Колебания ареометра

Вам необходимо экспериментально определить период свободных вертикальных колебаний ареометра в воде.

Опустите ареометр в воду. Пальцем аккуратно погрузите ареометр глубже, стараясь сохранять вертикальность. Погружайте не слишком глубоко, чтобы диаметр погруженной части трубки ареометра оставался постоянным. Затем отпустите ареометр и засеките время нескольких колебаний. Наши наблюдения показали, что до затухания можно наблюдать 3 колебания. Сделайте не менее 10 измерений. Определите среднее значение периода колебаний и случайную погрешность. **Указание** – коэффициент Стьюдента для 10 измерений примите равным 2,3.

Получите теоретическую формулу для периода колебаний ареометра. Измерьте необходимые параметры системы. Ускорение свободного падения считайте равным $9,81 \text{ м/с}^2$. Вычислите период по теоретической формуле (погрешность считать не нужно) и сравните с полученным экспериментально. Объясните расхождение результатов.