

**Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина
Специализированный учебно-научный центр
25 мая 2014 года
ВСТУПИТЕЛЬНЫЙ ЭКЗАМЕН ПО ФИЗИКЕ
9 физико-математический класс**

Перед Вами вступительные задания по физике. Мы предлагаем Вам достаточно большое число задач. Начните с того, что внимательно прочитайте условие всех задач. Возможно, какие-то задачи Вам покажутся знакомыми, какие-то более интересными, в каких-то задачах Вы сможете сразу, интуитивно, дать ответ. Выберите такие задачи для себя. Помните, что Вы не обязаны решить все задачи. Остановитесь на 6-8 задачах и попытайтесь правильно, логично и подробно ответить на все вопросы, поставленные в задаче. Не хватайтесь за все сразу, ведь Вы ограничены во времени! Ну, а если Вы сможете правильно решить все задачи, то это будет просто прекрасно, и Вы покажете абсолютный результат. Все Ваши решения должны быть обоснованными и подробными, в них не должно быть формул и цифр, «взятых с потолка». Не забудьте пронумеровать задачи и сформулировать ответы. Обратите внимание на то, что у задач может быть несколько вопросов. Правильным и полным считается только то решение, в котором содержатся ответы на все вопросы. Чистовики сдаются вместе с черновиками.

В каждой предложенной задаче Вы должны постараться увидеть знакомую ситуацию, бояться незнакомых слов не надо. Прочитайте задачу и подумайте.

Сначала, проверим, как вы умеете считать и производить математические преобразования. Ведь без этого ни одну физическую задачу не решишь. Всё начинается с малого.

1. Просто арифметика.

1.1. Расстояние от Земли до самой близкой звезды (не считая Солнца) равно примерно 38 триллионам километров (в этом числе 14 знаков). Сколько времени (в годах) идёт к нам свет от этой звезды? Скорость света в вакууме 300 000 км/с.

РЕШЕНИЕ:

Время прохождения светом расстояния S равно

$$t = \frac{S}{c},$$

где c – скорость света.

Посчитаем время в секундах

$$t = \frac{38 \cdot 10^{12}}{3 \cdot 10^5} = 12,67 \cdot 10^7 \text{ с}.$$

Выразим время в годах, помня, что в 1 году $365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 3,15 \cdot 10^7$ секунд, оно равно примерно 4 года.

1.2. Человек в среднем делает 15 вдохов в минуту. При каждом вдохе в его лёгкие поступает 1600 см^3 воздуха. Какая масса воздуха проходит через лёгкие человека за один час? Плотность воздуха равна $1,3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

РЕШЕНИЕ:

За один час человек делает $60 \cdot 15$ вдохов. За час он вдыхает объём воздуха $V = 1600 \cdot 60 \cdot 15 \text{ см}^3 = 1.44 \text{ м}^3$.

Масса этого воздуха равна

$$m = \rho \cdot V;$$

$$m = 1,44 \cdot 1,3 = 1,872 \text{ кг}.$$

2. Вырази указанную переменную.

Из приведённых ниже формул выразить величину ω

2.1. $V = \omega R$;

Ответ: $\omega = \frac{V}{R}$.

2.2. $T = \frac{2\pi}{\omega}$;

Ответ:

$$\omega = \frac{2\pi}{T};$$

2.3. $E = \frac{I\omega^2}{2}$;

$$\omega = \sqrt{\frac{2E}{I}};$$

2.4. $Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$

Ответ: $\omega = \sqrt{\frac{Z^2 - R^2}{L^2}}$.

3. Автобусы

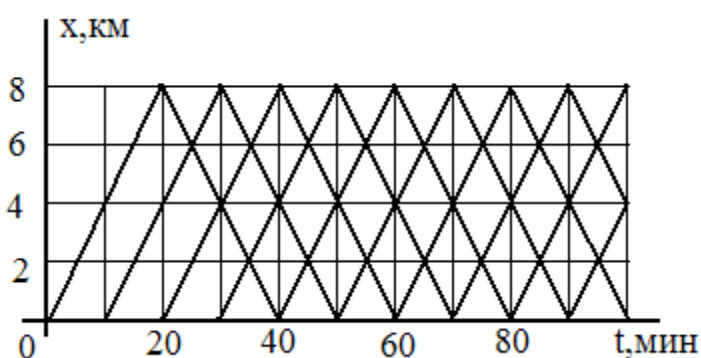
Предположим, что через 10 лет УрФУ смог построить для СУНЦ новое здание на площадке «Малый Шарташ». От главного здания университета до СУНЦ курсируют специальные автобусы, график движения которых представлен на рисунке.

Рассмотрев график движения, ответьте на вопросы:

- сколько автобусов на линии;
- каково расстояние между конечными пунктами;
- с какой скоростью движутся автобусы;
- за какое время автобусы проходят маршрут от одной конечной станции до другой?

РЕШЕНИЕ:

Из графика понятно, что:



- на линии четыре автобуса (четыре разных графика);
- расстояние между конечными пунктами 8 км;
- от одной конечной станции до другой автобусы проходят за 20 минут;
- средняя скорость движения автобусов равна $\frac{8 \text{ км}}{\frac{1}{3} \text{ ч}} = 24 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

4. Лицейст Вася и тюбик зубной пасты

Однажды утром в общежитии СУНЦ лицейст Вася проснулся раньше всех. Пока в коридоре общежития никого не было, Вася решил посмотреть – какой длины получится линия из зубной пасты, если пасту полностью выдавить из тюбика. Тюбик зубной пасты имеет форму цилиндра длины $L = 10 \text{ см}$ и радиуса $R = 1,5 \text{ см}$. Радиус отверстия в тюбике $r = 0,50 \text{ см}$.

- Какой длины получилась линия из зубной пасты, нарисованная Васей? (10 баллов)

РЕШЕНИЕ:

Тюбик представляет собой цилиндр. Следовательно, объём пасты в тюбике – это объём цилиндра

$$V_1 = S_1 L = \pi R^2 L.$$

Здесь была использована формула для площади поперечного сечения $S_1 = \pi R^2$.

Когда Вася выдавил всю пасту на пол, то эта линия – тоже цилиндр, только очень длинный, объём этого цилиндра

$$V_2 = S_2 L = \pi r^2 l,$$

где l – длина линии в коридоре.

Объёмы этих цилиндров равны, так как в обоих случаях это одна и та же зубная паста,

$$\pi R^2 L = \pi r^2 l.$$

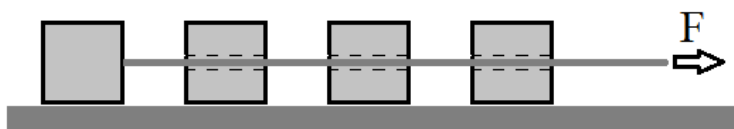
Выразим искомую длину линии

$$l = L \left(\frac{R}{r} \right)^2.$$

$$l = 10 \text{ см} \left(\frac{1,5 \text{ см}}{0,50 \text{ см}} \right)^2 \approx 90 \text{ см}.$$

5. Кубики

Невесомая нерастяжимая нить привязана к небольшому кубику. Затем она пропущена через отверстия в трех ещё таких же кубиках, как показано на рисунке. Все кубики стоят на ровном горизонтальном столе, на равных расстояниях $a = 10 \text{ см}$. Чтобы сдвинуть с места один кубик, а затем перемещать его по столу требуется приложить силу 5 Н. За нитку тянут вправо, прикладывая силу, достаточную для движения левого кубика. Постройте график зависимости силы, с которой надо тянуть правый конец нити от времени для перемещения левого кубика с постоянной



конец нити от времени для перемещения левого кубика с постоянной

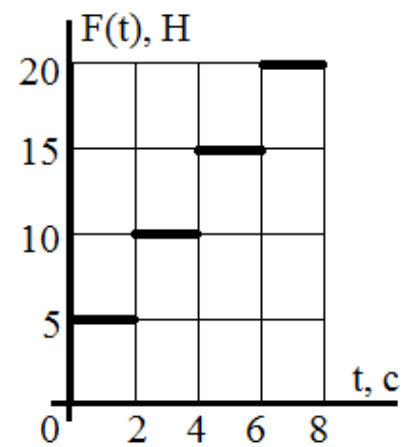
скоростью $V = 5 \frac{\text{см}}{\text{с}}$. Считать, что нитка по отверстиям движется свободно (без трения).

РЕШЕНИЕ:

Для перемещения кубика на расстояние $a = 10 \text{ см}$ со скоростью $V = 5 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ требуется время

$$\Delta t = \frac{a}{V}; \Delta t = 2 \text{ с.}$$

Для перемещения одного кубика нужно тянуть правый конец нити с силой 5 Н, через две секунды надо будет перемещать уже 2 кубика, поэтому сила станет 10 Н, через ещё две секунды – 15 Н и т.д. График зависимости силы от времени приведен на рисунке.



6. Летящая тётушка

Читая книжку Джоан Ролинг, «Гарри Поттер и узник Азкабана», вы наверно, обратили внимание, на то, что произошло с вредной тётушкой Гарри: «...её продолжало раздувать. Полное красное лицо её опухло, глазки полезли из орбит, а рот растянулся до ушей... Скоро тетушка превратилась в громадный воздушный шар. Ее оторвало от стула, и она поплыла к потолку. Она была совсем круглая, как надувная игрушка».

Во сколько же раз должен увеличиться объем тетушки, чтобы наблюдалось такое удивительное явление?

Объем тётушки в нормальном состоянии $V = 0,08 \text{ м}^3$, при массе тела

$$m = 104 \text{ кг. Плотность воздуха равна } \rho = 1,3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

РЕШЕНИЕ:

Так как тетушка в раздутом состоянии плавает, то сила тяжести уравновешена силой Архимеда

$$mg = \rho g V',$$

Где V' – объем «раздутой тетушки».

Определим объем V'

$$V' = \frac{m}{\rho}.$$

Отношение объемов равно

$$\frac{V'}{V} = \frac{m}{\rho V};$$

$$\frac{V'}{V} = 1000$$

Ответ: объем тётушки возрос в 1000 раз.

7. Кубик в воде

Кубик с длиной ребра $a = 5$ см находится в воде, причем верхняя грань кубика – на глубине $h = 4$ см, а нижняя – на дне сосуда. Дно горизонтально. Воды между дном и нижней гранью кубка нет. Атмосферное давление 10^5 Па.

Какие силы действуют на нижнюю и верхнюю грани кубика, силы назвать, определить их величины.

Чему равен объём вытесненной воды?

Чему равна сила Архимеда, действующая на кубик?

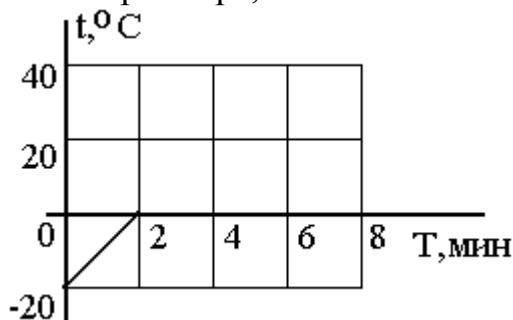
РЕШЕНИЕ:

Объём вытесненной воды равен $V = h \cdot a^2$; $V = 4 \cdot 5^2 = 100 \text{ см}^3$.

Сила Архимеда равна нулю, так как воды между дном и нижней гранью кубка нет.

8. Лёд на грелке

В калориметре, теплоёмкостью которого можно пренебречь, находится 100 грамм льда при температуре -20°C . Калориметр поместили на газовую горелку, теплоотдача которой постоянна, и всё тепло передаётся калориметру со льдом. График зависимости температуры льда от времени приведён на рисунке. Удельная теплоёмкость



льда $c_{\text{л}} = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$, удельная

теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$, удельная теплота плавления льда $L = 332$

$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$, удельная теплота парообразования воды $r = 2300 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$, температура кипения воды 100°C .

► Постройте графики последующих процессов. ► Определите все ключевые моменты времени.

РЕШЕНИЕ:

По графику видно, что за время $T_1 = 2$ минут лёд нагрелся на $\Delta t_1 = 20^\circ\text{C}$.

Определим мощность подвода тепла от грелки

$$N \cdot T_1 = c_{\text{л}} \cdot m \cdot \Delta t_1;$$

$$N = 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{мин}}.$$

Далее лёд будет плавиться. Для полного плавления льда нужно затратить количество теплоты

$$Q_2 = L \cdot m;$$

$$Q_2 = 3,32(\text{или } 3,4) \cdot 10^4 \text{ Дж}.$$

Так как мощность грелки постоянна, то время плавления льда равно

$$T_2 = \frac{Q_2}{N};$$

$$T_2 \approx 16 \text{ минут}$$

Далее будет нагреваться вода до 100°C . Так как изменение температуры воды в пять раз больше, чем изменение температуры льда, а теплоёмкость воды в два раза больше теплоёмкости льда, то на нагревание воды потребуется в 10 раз больше времени, то есть 20 минут.

Потом вода начнёт кипеть. Для полного испарения воды при температуре кипения нужно затратить количество теплоты

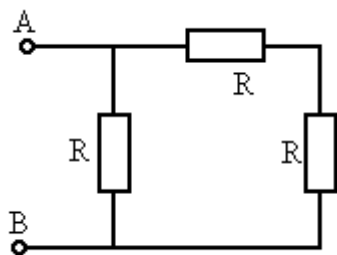
$$Q_4 = r \cdot m;$$

$$Q_4 = 2,3 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

Для этого потребуется время

$$T_4 = \frac{Q_4}{N};$$

$$T_4 \approx 110 \text{ минут.}$$



9. Мощность в электрической цепи

Определите сопротивление цепи, если сопротивление каждого из резисторов равно 10 Ом. Считая, что напряжение, поданное на точки А и В равно 20 В, найти мощность, выделяемую в цепи.

РЕШЕНИЕ:

Два правых сопротивления соединены последовательно и цепь, состоящая из них, параллельно подключена к левому сопротивлению (вертикально расположенное), поэтому полное сопротивление цепи равно

$$R_{AB} = \frac{R \cdot 2R}{R + 2R};$$

$$R_{AB} = \frac{20}{3} \text{ Ом.}$$

Мощность, выделяемая в цепи, равна

$$N = \frac{U^2}{R_{AB}};$$

$$N = \frac{20^2}{\frac{20}{3}} = 60 \text{ Вт.}$$

10. Модель автотрека

Для изучения особенностей движения гоночных автомобилей в лаборатории была изготовлена масштабная модель автотрексы (масштаб 1:100) и модели

автомобилей в таком же масштабе. Термин «масштаб 1:100» означает следующее: все размеры модели уменьшены в 100 раз по сравнению с реальными размерами объектов.

Во сколько раз скорость модели меньше скорости автомобиля?

Во сколько раз кинетическая энергия модели отличается от кинетической энергии автомобиля?

РЕШЕНИЕ:

Пусть за время Δt автомобиль проходит расстояние S . Скорость автомобиля равна $V_0 = \frac{S}{\Delta t}$. Модель за это время пройдет расстояние $\frac{S}{k}$, поэтому её скорость

$$V = \frac{S}{k \cdot \Delta t} = \frac{V_0}{k};$$

$$V = \frac{1}{100} V_0.$$

Для определения кинетической энергии нужно понять, во сколько раз масса модели меньше массы автомобиля. Так как все размеры (длина, ширина, высота) уменьшились в k раз, то объём модели меньше в k^3 раз объёма автомобиля, следовательно, масса также меньше в k^3 раз. Так как кинетическая энергия модели равна

$$E = \frac{mV^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{m_0}{k^3} \cdot \left(\frac{V_0}{k}\right)^2 = \frac{E_0}{k^5} = \frac{1}{10^5} E_0,$$

где E_0 , m_0 - кинетическая энергия и масса автомобиля.

Ответ: скорость модели меньше в 100 раз, кинетическая энергия меньше в 10^5 раз.