

## Тематика заданий на очный тур Олимпиады БФУ «Будущее с нами»

### 7 класс

Измерение физических величин. Единицы физических величин. Цена деления. Погрешность измерения.

Механическое движение. Путь. Перемещение. Равномерное движение. Скорость. Средняя скорость. Работа с графиками. Сложение скоростей для тел движущихся параллельно.

Инерция. Взаимодействие тел. Масса. Плотность

Силы в природе (тяжести, упругости, трения). Сложение сил. Равнодействующая.

### 2 полугодие

Простые механизмы, блок, рычаг. Момент силы. Правило моментов (для сил направленных вдоль параллельных прямых).

Золотое правило механики. КПД.

Давление.

Основы гидростатики. Закон Паскаля. Атмосферное давление. Гидравлический пресс.

Сообщающиеся сосуды. Закон Архимеда. Плавание тел. Воздухоплавание.

### 8 класс

Тепловое движение. Температура. Внутренняя энергия. Теплопроводность. Конвекция. Излучение. Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества. Удельная теплота сгорания.

Агрегатные состояния вещества. Плавление и отвердевание кристаллических тел. Удельная теплота плавления. Испарение. Кипение. Удельная теплота парообразования.

Общее уравнение теплового баланса. КПД нагревателей.

Влажность воздуха.

Работа газа и пара при расширении. Двигатель внутреннего сгорания. Паровая турбина. КПД теплового двигателя.

### 2 полугодие

Работа газа и пара при расширении. Двигатель внутреннего сгорания. Паровая турбина. КПД теплового двигателя.

Электризация. Два рода зарядов. Взаимодействие заряженных тел. Проводники и диэлектрики.

Электрическое поле. Делимость электрического заряда. Электрон. Строение атомов.

Электрический ток. Источники электрического тока. Электрическая цепь и ее составные части.

Действие электрического тока. Сила тока. Электрическое напряжение.

Электрическое сопротивление проводников. Закон Ома для участка цепи. Удельное сопротивление. Последовательное и параллельное соединение проводников. Расчет простых цепей постоянного тока

Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля – Ленца.

Магнитное поле. Магнитное поле прямого тока. Магнитные линии магнитного поля. Магнитное поле катушки с током. Электромагниты. Постоянные магниты. Магнитное поле постоянных магнитов. Магнитное поле Земли. Действие магнитного поля на проводник с током.

Источники света. Распространение света. Тень и полутень. Камера – обскура. Отражение света.

Законы отражения света. Плоское зеркало.

Преломление света. Линзы. Построения в линзах. Оптическая сила линзы. Изображение, даваемое линзой. Фотоаппарат. Глаз и зрение. Близорукость и дальновидность. Очки.

### 9 класс

Кинематика. Материальная точка. Системы отсчёта. Равномерное прямолинейное движение.

Мгновенная скорость. Средняя скорость. Равнопеременное движение. Ускорение. Свободное падение. Графики движения (пути, перемещения, координат от времени; скорости, ускорения и их проекций от времени и координат).

Движение по окружности. Угловое перемещение и угловая скорость. Центростремительное (нормальное) и тангенциальное (касательное) ускорение.

Относительность движения. Закон сложения скоростей.

Кинематические связи. Плоское движение твердого тела.

Динамика. Силы. Векторное сложение сил. Масса. Центр масс. Законы Ньютона.

Динамика систем с кинематическими связями. Блоки, скольжение наклонных плоскостей.

### **2 полугодие**

Закон Всемирного тяготения. Гравитация. Искусственные спутники. Первая космическая скорость.

Перегрузки и невесомость

Силы трения. Силы сопротивления при движении в жидкости и газе.

Силы упругости. Закон Гука.

Импульс. Закон сохранения импульса. Движение центра масс. Реактивное движение.

Работа. Мощность. Энергия (гравитационная, деформированной пружины). Закон сохранения энергии. Упругие и неупругие взаимодействия. Диссипация энергии. Выделившееся количество теплоты.

Статика

Механические колебания. Маятник. Гармонические колебания. Волны.

Основы атомной и ядерной физики

### **10 класс**

Газовые законы. Изопроцессы. Законы Дальтона и Авогадро.

МКТ. Температура.

Потенциальная энергия взаимодействия молекул

Термодинамика. Внутренняя энергия газов. Количество теплоты. 1-й закон термодинамики.

Теплоемкость. Адиабатные процессы. Цикл Карно.

Насыщенные пары, влажность.

Поверхностное натяжение. Капилляры.

Электростатика. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность. Потенциал.

### **2 полугодие**

Проводники и диэлектрики в электростатических полях.

Конденсаторы.

ЭДС. Цепи постоянного тока. Законы Кирхгофа. Нелинейные элементы.

Работа и мощность электрического тока.

Электрический ток в средах.

Магнитное поле постоянного тока. Силы Лоренца и Ампера.

### **11 класс**

Закон индукции Фарадея. Вихревое поле. Индуктивность, катушки, RLC-цепи

Колебания механические и электрические

Переменный ток. Трансформатор

Электромагнитные волны.

Геометрическая оптика.

2013-14 г

7 класс

1. Эскалатор поднимает стоящего человека за  $t_0 = 1$  мин; если эскалатор стоит, а человек идет по нему сам, на тот же подъем уходит  $t_1 = 3$  мин. Сколько времени понадобится на подъем, если человек будет идти по движущемуся эскалатору?

Решение.

$$t_0 = \frac{S}{v_0} \quad t_1 = \frac{S}{v_1} \quad t_x = \frac{S}{v_1 + v_0}$$

Из первых двух уравнений выразим  $v_0$  и  $v_1$ . Подставив в третье уравнение, получим:

$$t_x = \frac{S}{\frac{S}{t_0} + \frac{S}{t_1}} = \frac{t_0 t_1}{t_0 + t_1} = 3/4 \text{ мин} = 45 \text{ с}$$

Ответ: 45 с

2. Длина швейной нити в катушке 200 м. Достаточно ли одной катушки, чтобы получить кусок нити длиной в одну миллионную длины железнодорожного пути между Санкт-Петербургом и Москвой, равной 650 км?

Решение.

Найдем, чему равна одна миллионная длины железнодорожного пути

$$l_1 = \frac{650 \cdot 1000}{1000000} = 0.65 \text{ м} \quad \text{Длина нити } l_2 = 200 \text{ м больше } l_1$$

Ответ: достаточно

3. При одинаковых объемах кусок железа имеет массу на 12,75 кг большую, чем кусок алюминия. Определить массу кусков железа и алюминия.

Плотность алюминия  $\rho_{\text{ал}} = 2700 \text{ кг/м}^3$ , плотность железа  $\rho_{\text{ж}} = 7800 \text{ кг/м}^3$ .

Решение.

1) Обозначим  $V$  неизвестный объем, тогда массы алюминия и железа соответственно равны

$$\frac{\Delta m}{(\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{ал}})}$$

2) Отсюда  $(\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{ал}})V = \Delta m$ , тогда неизвестный объем  $V =$  ,

$$\frac{\Delta m}{(\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{ал}})}$$

а масса железа  $m_{\text{ж}} = \rho_{\text{ж}}$  .

$$\frac{12,75}{(7800 - 2700)}$$

$$m_{\text{ж}} = 7800 \quad \approx 19,5 \text{ кг} \quad m_{\text{Al}} = 2700 \cdot 0,0025 = 6,75 \text{ кг}$$

Ответ:  $m_{\text{ж}} = 19,5 \text{ кг}$ ,  $m_{\text{Al}} = 6,75 \text{ кг}$

4. На весах уравновешены два одинаковых сосуда с водой. В правом сосуде плавает небольшая пробка массой  $m = 20$  г. Из правого сосуда пробку переключают в левый сосуд и равновесие весов нарушается. В левом сосуде открывают маленькое отверстие, и через  $t = 40$  с равновесие весов восстанавливается. Какая масса воды в единицу времени вытекала из левого сосуда? Скорость истечения воды считайте постоянной

*Решение.*

При равновесии массы сосудов равны, т.е. разность масс  $\Delta m = 0$ . При переносе пробки равновесие нарушается и разность масс сосудов становится равной  $\Delta m = 40$  г.

Следовательно, для восстановления равновесия необходимо вылить из левого сосуда 40 г воды. Если это произошло за 40 с, скорость истечения жидкости (масса воды за единицу времени)

$$V = m/t \quad V = 1 \text{ г/с}$$

*Ответ:* 1 г/с

## 8 класс

1. Скорость движения автобуса на первой половине пути была в 8 раз больше, чем скорость его движения на второй половине пути. Средняя скорость автобуса на всем пути была равна 16 км/ч. Определить скорость автобуса на второй половине пути.

Решение:

$$v_{cp} = \frac{S}{t} = \frac{S}{t_1 + t_2}$$
$$t_1 = \frac{S}{2v_1} = \frac{S}{16v_2} \quad t_2 = \frac{S}{2v_2}$$
$$v_{cp} = \frac{S}{\frac{S}{16v_2} + \frac{S}{2v_2}} \quad \text{отсюда} \quad v_2 = 9 \text{ км/час}$$

Ответ:  $v_2 = 9$  км/час

2. Судно на подводных крыльях «Метеор» развивает мощность  $N = 1500$  кВт при К.П.Д. двигателя  $\eta = 30\%$ . Найти расход топлива на единицу длины пути при скорости судна  $v = 72$  км/ч. Удельная теплота сгорания топлива  $q = 50$  МДж/кг.

Решение:

$$A = \eta Q \quad Q = qm \quad A = \eta qm$$
$$N = \eta q \frac{m}{t} \quad v = \frac{l}{t} \quad t = \frac{l}{v}$$

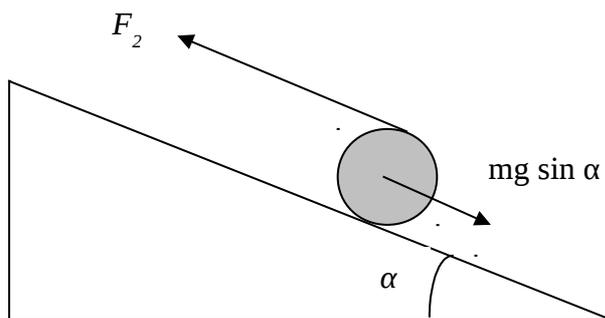
Возьмем единицу длины 1 км, тогда время прохождения единицы длины будет:

$$t = \frac{1}{72} \text{ часа} = \frac{3600}{72} = 50 \text{ сек}$$
$$m = \frac{Nt}{\eta q} = 5 \text{ кг/км}$$

Ответ: 5 кг/км

6. По наклонной плоскости, с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$ , при помощи веревки поднимают бочку (см. рис). Какой выигрыш в силе получают при таком подъеме?

Решение:



Для вертикального подъема нужна сила  $F_1 = mg$ .

При подъеме по наклонной плоскости скатывающая сила равна  $F_c = mg \sin \alpha$ .

Но сила  $F_2$  имеет плечо в 2 раза больше, чем скатывающая сила, а так как  $\sin \alpha = 1/2$ , то получим  $F_1 = 4 F_2$ .

*Ответ:* в 4 раза

4. Ванну объемом  $V = 100$  л необходимо заполнить водой, имеющей температуру  $t_1 = 30^\circ \text{C}$ , используя воду с температурой  $t_2 = 80^\circ \text{C}$  и лед с температурой  $t_3 = -20^\circ \text{C}$ . Найти массу  $m_l$  льда, который придется положить в ванну. Удельные теплоемкости воды и льда  $c = 4,2$  кДж/(кг·К) и  $c_l = 2,1$  кДж/(кг·К), плотность воды  $\rho = 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Удельная теплота плавления льда  $\lambda = 0,33$  МДж/кг. Теплоемкостью ванны и потерями тепла пренебречь.

*Решение:*

Для нагревания льда

$$Q_1 = m_l c_l (0^\circ \text{C} - t_3) = m_l c_l t_3$$

Для плавления льда

$$Q_2 = m_l \lambda$$

Для нагревания полученной воды от  $0^\circ \text{C}$  до  $t_1$

$$Q_3 = c m_l (t_1 - 0^\circ \text{C}) = c m_l t_1$$

Теплоту будет отдавать остывающая вода. Ее массу найдем из условия, что объем ванны равен  $V$ .

$$m_b = V\rho - m_l$$

Тогда уравнение теплового баланса

$$c(V\rho - m_l)(t_2 - t_1) = m_l c_l t_3 + m_l \lambda + c m_l t_1$$

Отсюда масса льда

$$m_l = cV\rho(t_2 - t_1) / (c_l t_3 + \lambda + c t_2) = 30 \text{ кг}$$

*Ответ:* 30 кг

## 9 класс

1. Чтобы вытащить гвоздь длиной 10 см из бревна, необходимо приложить начальную силу 2 кН. Гвоздь вытащили из бревна. Какая при этом была совершена механическая работа?

*Решение:*

Модуль  $F$  силы, действующей на гвоздь при его удалении из бревна, убывает от 2 кН до 0. Поэтому для определения работы следует брать среднее значение силы:  $(F/2)$ .

Следовательно, работа будет равна:  $A = \frac{F \cdot l}{2}$ ,

где  $l$  — длина гвоздя.

*Ответ:*  $A = 100$  Дж.

2. Нарисуйте график зависимости координаты от времени для прямолинейного движения, удовлетворяющий одновременно двум условиям: а) средняя скорость за время от 2 до 6 с равна 5 м/с; б) максимальная скорость за это же время равна 15 м/с.

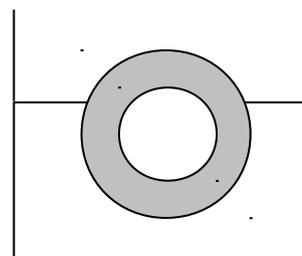
*Решение:*

Любой график с изменением координаты за указанное время на 20 м и наибольшим "наклоном" касательной, равным 15 м/с.

3. Полый шар, сделанный из материала с плотностью  $\rho_1$ , плавает на поверхности жидкости, имеющей плотность  $\rho_2$ . Радиусы шара и полости равны  $R$  и  $r$ . Какова должна быть плотность вещества  $\rho$ , которым следует заполнить полость шара, чтобы он плавал внутри жидкости?

*Решение:*

Пусть радиус шара —  $R$ , а радиус полости —  $r$ . Тогда, если шарик плавает на поверхности, как показано на рисунке, то его средняя плотность меньше плотности жидкости. Когда полость заполняется веществом, то для того, чтобы шар плавал внутри жидкости, его средняя плотность должна равняться плотности жидкости.



$$\rho_{\text{ср}} = \rho_2 \quad \rho_{\text{ср}} = (m_1 + m) / V$$

$m_1$  — масса полого шара,  $m$  — масса вещества в полости шара.

$$\rho_{\text{ср}} = [4/3\pi(\rho_1 R^3 + r^3(\rho_1 - \rho))] / (4/3\pi R^3)$$

$$\rho_{\text{ср}} = (\rho_1 R^3 + r^3(\rho_1 - \rho)) / R^3 \quad \text{или} \quad (\rho_1 R^3 + r^3(\rho_1 - \rho)) / R^3 = \rho_2$$

Тогда  $\rho = (\rho_2 - \rho_1) R^3 / r^3 + \rho_1$

*Ответ:*  $\rho = (\rho_2 - \rho_1) R^3 / r^3 + \rho_1$

4. Для каждой из трёх схем включения реостата сопротивлением  $R$  нарисовать графики зависимости общего сопротивления  $R_0$  цепи от сопротивления  $r$  левой (по рисунку) части реостата (до движка).

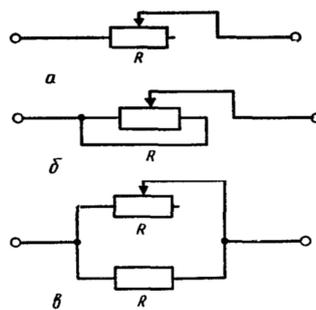


Рис.1

*Решение:*

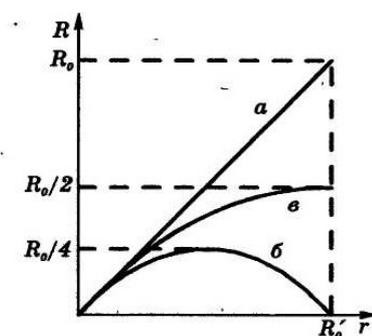
Для схемы на рис.1 а, очевидно,  $R_0 = r$ .

В схеме на рис. 1 б части реостата с сопротивлениями  $r$  и  $R - r$  соединены параллельно:

$$R_0 = \frac{r \cdot (R - r)}{r + (R - r)} = \frac{r \cdot (R - r)}{R}$$

В схеме на рис. 1 в параллельно соединены проводники с сопротивлениями  $r$  и  $R$ :

$$R_0 = \frac{r \cdot R}{r + R}$$



Графики этих зависимостей приведены на рисунке 2 (график а – прямая, б – парабола, в – гиперболо). В начале координат все три графика касаются друг друга.

5. Два автомобиля имеют одинаковую мощность. Максимальная скорость первого 120 км/ч, а второго 130 км/ч. Какую максимальную скорость могут развить автомобили, если один возьмет на буксир другой, у которого двигатель отключен?

*Решение:*

Пусть мощность каждого автомобиля  $P$ . Тогда  $P = F_{\text{сопр1}} v_1$      $P = F_{\text{сопр2}} \cdot v_2$

Когда один берет на буксир другой, то тогда

$$P = (F_{\text{сопр1}} + F_{\text{сопр2}}) \cdot v ; \quad F_{\text{сопр1}} = \frac{P}{v_1} ; \quad F_{\text{сопр2}} = \frac{P}{v_2} :$$

$$P = \left( \frac{P}{v_1} + \frac{P}{v_2} \right) \cdot v$$

После преобразования окончательно получаем:

$$v = \frac{v_1 \cdot v_2}{v_1 + v_2}$$

Ответ: 62,4 км/ч.

## 10 класс

1. На сколько различаются модули перемещений, совершаемых телом за первую и последнюю секунды движения при свободном падении с высоты 122,5 м?

*Решение.*

Примем  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ . Перемещение тела за первую секунду  $S = \frac{gt^2}{2} = 4,9 \text{ м}$ .

Полное время падения тела с высоты  $h$  равно  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 5 \text{ с}$ .

Перемещение за четыре секунды

$$S_4 = \frac{gt^2}{2} = 78,4 \text{ м}$$

Перемещение за пятую секунду равно  $h - S_4 = 122,5 \text{ м} - 78,4 \text{ м} = 44,1 \text{ м}$

Разность перемещений равна 39,2 м.

Если  $g = 10 \text{ м/с}^2$ , то разность перемещений равна 42,5 м.

*Ответ:* 39,2 м (42,5 м)

2. Стальной шарик, упавший с высоты 1,6 м на гранитную плиту, отскакивает от нее с потерей 20% кинетической энергии. Через какое время после первого удара о плиту шарик ударится о нее снова?

*Решение.*

По условию задачи

$$0,8W_k = 0,8mgh_1 = mgh_2$$

Время подъема равно времени падения с высоты  $h_2$  и равно

$$t = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = 0,505 \text{ с}$$

Время полета

$$t_0 = 2\sqrt{\frac{2h_2}{g}} = 1,01 \text{ с}$$

*Ответ:* 1,01 с

3. Электрическая цепь (см. рис.) подключена к сети постоянного напряжения. При изменении сопротивления переменного резистора  $R$  на нём выделяется мощность  $P_0 = 16 \text{ Вт}$  при токах  $I_1 = 1 \text{ А}$  и  $I_2 = 4 \text{ А}$ . Определите наибольшую мощность  $P_{max}$ , которая может выделяться на резисторе  $R$ .

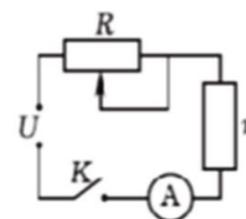


Рис.1

*Решение*

$$P = I^2 R \quad \text{тогда} \quad P_0 = I_1^2 R_1 \quad P = I_2^2 R_2 \quad (1)$$

Зависимость параболическая, схематически ее можно представить в следующем виде (см. рис 2).

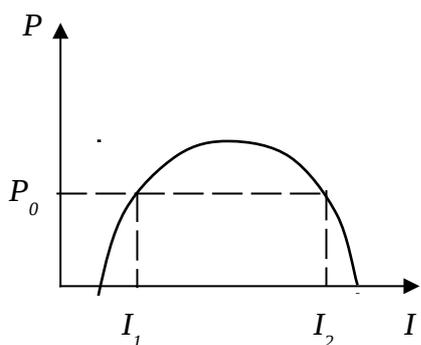


Рис.2

Очевидно, что ток  $I_M$ , соответствующий максимальной мощности будет равен:

$$I_M = (I_1 + I_2)/2 = 2,5 \text{ A}$$

Найдем  $r$

$$U = I_1(R_1 + r) = I_2(R_2 + r) = 20 \text{ В}$$

Из (1)  $R_1 = 16 \text{ Ом}$   $R_2 = 1 \text{ Ом}$ , тогда

$$1 \cdot (16 + r) = 4 \cdot (1 + r) \text{ или } r = 4 \text{ Ом}$$

Максимальная мощность на переменном резисторе  $R$  будет при условии

$$R = r = 4 \text{ Ом}$$

$$P_M = I_M^2 R = 6.25 \times 4 = 25 \text{ Вт}$$

Ответ: 25 Вт

4. Сплошной цилиндр из чугуна хорошо прогрет в кипящей воде. Когда он охладится быстрее до комнатной температуры: если его поставить на стол вертикально (рис.1) или положить (рис. 2)? Диаметр основания цилиндра равен его высоте.



Рис.1



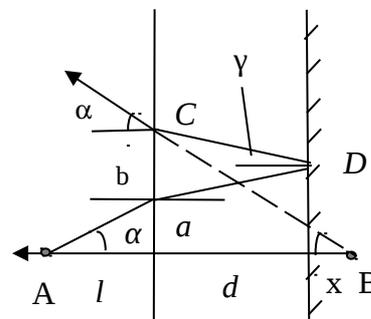
Рис.2

Решение

Сразу следует оговорить, на какое основание кладут цилиндр.

- 1). Если на деревянную поверхность с плохой теплопроводностью, то теплоотдача будет в воздух, окружающий цилиндр и тогда цилиндр остынет быстрее, если его положить.
- 2). Если на металлическую поверхность с достаточно большой теплопроводностью, то результат будет зависеть от соотношения скоростей теплоотдачи через металлическую поверхность и через воздух и задача будет неоднозначной с двумя ответами.

5. У плоскопараллельной пластинки, имеющей толщину  $d = 1,2 \text{ см}$ , задняя поверхность посеребрена. Точечный источник света расположен на расстоянии  $l = 1,5 \text{ см}$  от передней поверхности пластинки. На каком расстоянии  $L$  от источника находится его изображение, получающееся в результате отражения лучей от задней поверхности пластинки? Показатель преломления материала пластинки  $n = 1,6$ . Луч зрения перпендикулярен к поверхности пластинки.



Решение

Смотри рисунок

Пусть  $L$  расстояние между источником  $A$  и изображением  $B$

$$L = l + (d + x)$$

Из подобия треугольников:  $a / l = (a + b)/(d + x)$ ;

$$a = l \operatorname{tg} \alpha \quad a + b = (d + x) \operatorname{tg} \alpha$$

$\gamma$  – угол преломления

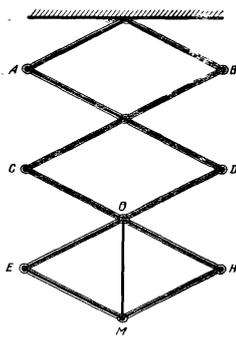
$$b = 2d \operatorname{tg} \gamma \quad l \operatorname{tg} \alpha + 2d \operatorname{tg} \gamma = (d + x) \operatorname{tg} \alpha$$

Так как  $\alpha$  очень мал, то

$$\begin{aligned} \sin \alpha / \sin \gamma \approx \operatorname{tg} \alpha / \operatorname{tg} \gamma = n & \quad \operatorname{tg} \alpha = n \operatorname{tg} \gamma \\ n l \operatorname{tg} \gamma + 2d \operatorname{tg} \gamma = (d + x)n \operatorname{tg} \gamma & \quad d + x = l + 2d/n \end{aligned}$$

$$L = 2l + 2d/n = 2(nl + d)/n = 4,5 \text{ см}$$

*Ответ:* 4,5 см



1. Имеется подвеска, состоящая из стержней, соединённых шарнирно (рис.). Стержни  $AD$ ,  $BC$ ,  $DE$  и  $CH$  сплошные. Между точками  $O$  и  $M$  натянута нить. Определите силу  $T$  натяжения нити  $OM$ , если масса всей системы равна  $m$ .

Решение:

При уменьшении длины нити на  $\Delta l$  длина всей подвески уменьшится на  $3\Delta l$  и, следовательно, центр тяжести поднимется на  $1,5\Delta l$ . Работа силы натяжения нити  $T \cdot \Delta l$  должна, очевидно, быть равной изменению потенциальной энергии системы :

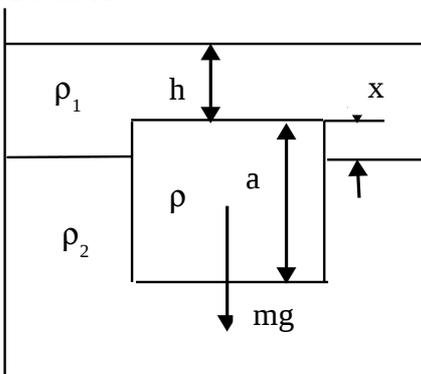
$$T \cdot \Delta l = 1,5 \cdot mg \cdot \Delta l$$

Откуда

$$T = 1,5 \cdot mg$$

2. В сосуде находятся две несмешивающиеся жидкости с различными плотностями. На границе раздела жидкостей плавает однородный куб, погруженный целиком в жидкость. Плотность материала куба  $\rho$  больше плотности  $\rho_1$  верхней жидкости, но меньше плотности  $\rho_2$  нижней жидкости:  $\rho_1 < \rho < \rho_2$ . Какая часть объема куба находится в верхней жидкости?

Решение:



Пусть ребро куба равно  $a$  и куб выступает на  $x$  над границей раздела жидкостей,  $h$  - глубина погружения. По вертикали на куб действуют три силы:

- 1)  $mg$
- 2) сила давления на верхнюю грань  $F_{дв}$
- 3) сила давления на нижнюю грань  $F_{дн}$

Куб покоится тогда, когда результирующая равна нулю.

$$F_{дн} = mg + F_{дв} \quad (1)$$

Выразим указанные силы через параметры,

$$F_{дав.в} = \rho_1 g h a^2 \quad \text{приведенные в задаче}$$

$$F_{дав.н} = (\rho_1 g h + \rho_1 g x + \rho_2 g (a - x)) a^2$$

Подставив в (1), получим:

$$(\rho_1 g h + \rho_1 g x + \rho_2 g (a - x)) a^2 = mg + \rho_1 g h a^2$$

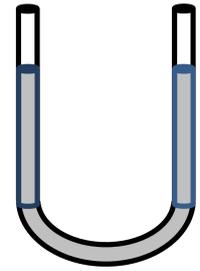
$$\text{так как } mg = \rho g a^3, \text{ то } (\rho_1 g x + \rho_2 g (a - x)) a^2 = \rho g a^3$$

$$x (\rho_1 - \rho_2) = a (\rho - \rho_2) \quad x = a (\rho - \rho_2) / (\rho_2 - \rho_1)$$

$$V_B = a^2 x \quad V_B / V = x / a = (\rho_2 - \rho) / (\rho_2 - \rho_1)$$

Ответ: 
$$\frac{V_B}{V} = \frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1}.$$

3. В U-образную трубку с открытыми концами налили ртуть, после чего один из концов запаяли (см. рис.). Затем ртуть вывели из состояния равновесия, в результате чего возникли малые колебания ртути в трубке. Найти период этих малых колебаний, если известно, что масса ртути  $m = 367$  г, ее плотность  $\rho = 13,6 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, площадь поперечного сечения трубки  $S = 1$  см<sup>2</sup>, а высота столба воздуха в запаянном конце трубки равна  $l = 1$  м. Внешнее атмосферное давление  $p_0 = 10^5$  Па. Процесс считать изотермическим



Решение:

При смещении уровня ртути в каждом колене на расстояние  $\Delta x$  из-за разности гидростатических давлений возникает сила, равная

$$F_1 = 2\rho g S \Delta x$$

Воздух в левом колене сжимается, объем воздуха при этом становится равным  $(l - \Delta x)S$ . По закону Бойля-Мариотта

$$p_0 l = (p_0 + \Delta p)(l - \Delta x) = p_0 l - p_0 \Delta x + \Delta p l - \Delta x \Delta p.$$

Так как колебания малые, слагаемым  $\Delta x \Delta p$  можно пренебречь.

Отсюда

$$\Delta p = \frac{\Delta x}{l} p_0,$$

а сила, действующая со стороны воздуха.

$$F_2 = \frac{\Delta x}{l} p_0 S.$$

Уравнение движения ртути имеет вид

$$ma + S \left( 2\rho g + \frac{p_0}{l} \right) \Delta x = 0.$$

Это уравнение совпадает с уравнением движения груза на пружинке с эффективной «жесткостью»

$$k = \left( 2\rho g + \frac{p_0}{l} \right) S.$$

Тогда по аналогии

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{(2\rho g + p_0/l)S}} \approx 0,63 \text{ с.}$$

Ответ: 0,63 с.

4. В контуре с индуктивностью 0,2 Гн сила тока изменяется по закону  $I = 2t^2 + 1$  (А). Определить среднее значение ЭДС самоиндукции за третью секунду наблюдения.

Решение.

Известно, что за промежуток времени  $\Delta t$  среднее значение ЭДС самоиндукции

$$\varepsilon_c = -L \cdot \Delta I / \Delta t.$$

За секунду от  $t$  до  $t+1$  получим

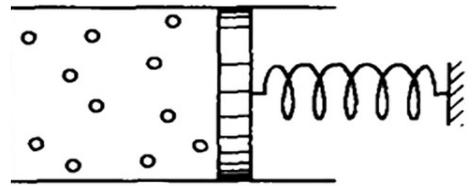
$$\varepsilon_c = -L \frac{I(t+1) - I(t)}{(t+1) - t} = I(t+1) - I(t)$$

Подставив в формулу  $t = 2$  с, получим:

$$\varepsilon_c = -L \frac{I(3) - I(2)}{3 - 2} = -2B$$

Ответ:  $-2$  В.

5. В цилиндре поршнем с пружиной (рис.) заперт водяной пар в объеме  $V = 4$  л. Температура в цилиндре поддерживается постоянной и равной  $100\text{ }^\circ\text{C}$ . В цилиндр вспрыскивается 4 г воды и поршень начинает перемещаться. После установления равновесия часть воды испарилась, а объем цилиндра увеличился в 2 раза.



1) Какая масса пара была в цилиндре вначале?

2) Сколько воды испарилось к концу опыта?

Внешнее давление отсутствует, длина недеформированной пружины соответствует положению поршня у дна цилиндра.

Решение:

В начальном состоянии сила давления пара на поршень компенсируется силой упругости пружины при деформации (пусть пружина деформирована на  $\Delta x$ )

$$p_1 S = k \Delta x.$$

После того, как под поршень вспрыскивается 4 г воды, происходит испарение воды и увеличение общей массы пара под поршнем, это и приводит к увеличению давления, в конечном состоянии

$$p_2 S = k 2 \Delta x.$$

Отношение давлений в конечном и начальном состоянии

$$p_2 / p_1 = 2$$

Запишем уравнение Менделеева – Клапейрона для двух состояний

$$p_1 V = (m_n / M) RT, \quad (1)$$

$$p_2 2V = (m_n + \Delta m) / M RT. \quad (2)$$

Разделим соответствующие части уравнений

$$4 = (m_n + \Delta m) / m_n.$$

Решаем последнее уравнение относительно  $\Delta m$

$$\Delta m = 3m_n.$$

Сделаем замену  $\Delta m$  в уравнение (2)

$$p_2 2V = (m_n + 3m_n) / M RT.$$

Откуда

$$m_n = p_2 MV / (2RT) = p_n MV / (2RT), \quad (3)$$

где  $p_2 = p_n = 10^5$  Па – давление насыщенного пара при  $T = 373$  К.

Масса испарившейся воды

$$\Delta m = 3m_n = 3p_2 MV / (2RT).$$

После подстановки численных значений получаем  $m_n = 1,2$  г,  $\Delta m = 3,6$  г.

## Список рекомендуемой литературы

### Учебники

1. Мякишев Г.Я. Физика (т. 1 – 5) «Дрофа», 2000 -2001
2. Громов С.В., Родина Н.А. Физика-7, М., Просвещение, 1999;
3. Перышкин А.В. Физика-7, М., Дрофа, 2006;
4. Гуревич А.Е., Физика-7, М. 1999
5. Перышкин А.В. Физика-8, М., Дрофа, 2008;
6. Перышкин А.В. Физика-9, М., Дрофа, 2009;
7. Физика-10 под ред. А.А. Пинского. «Просвещение», 1999 – 2000
8. Физика-10 под ред. В.А. Касьянова. «Дрофа», 2003
9. Физика-11 под ред. А.А. Пинского. «Просвещение», 1999 – 2000
10. Физика-11 под ред. В.А. Касьянова. «Дрофа», 2003

### Сборники задач

1. Л.А. Кирик и др. Задачи по физике 7,8,9,10,11 класс
2. Решение ключевых задач по физике для основной школы, 7-9 класс, Генденштейн Л.Э., Кирик Л.А., Гельфгат И.М., 2013.
3. 1001 задача по физике с ответами, указаниями, решениями - Гельфгат И.М.и др. 1996
4. Турчина Н.В. Физика в задачах для поступающих в вузы. 2008.
5. Турчина Н.В., Рудакова Л.И., Суров О.И. и др. 3800 задач для школьников и поступающих в вузы. Физика. 2000