

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

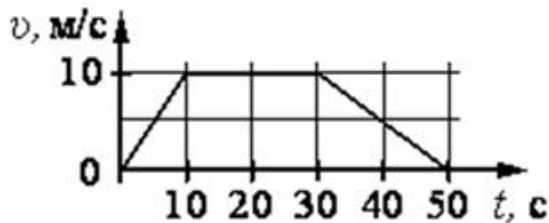
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.Ф. Уткина

**ФИЗИКА**  
**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СЛУШАТЕЛЕЙ**  
**ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ КУРСОВ**

Рязань 2020

*Данное пособие содержит вариант Единого государственного экзамена по физике с объяснением решения задач.*

**Задание 1.** На рисунке представлен график зависимости модуля скорости от времени  $t$ . Определите по графику путь, пройденный автомобилем в интервале времени от 0 до 30с.



**Решение.** Путь, пройденный автомобилем в интервале времени от 0 до 30с проще всего определить как площадь трапеции, основаниями которой являются интервалы времени  $(30-0)=30$  с и  $(30-10)=20$  с, а высотой является скорость  $v = 10$  м/с, т.е.

$$S = \frac{(30 + 20) \text{ с}}{2} 10 \text{ м/с} = 250 \text{ м.}$$

**Ответ.** 250 м.

**Задание 2.** Груз массой 100 кг поднимают вертикально вверх с помощью троса. На рисунке приведена зависимость проекции скорости  $V$  груза на ось, направленную вверх, от времени  $t$ . Определите модуль силы натяжения троса в течение подъема.

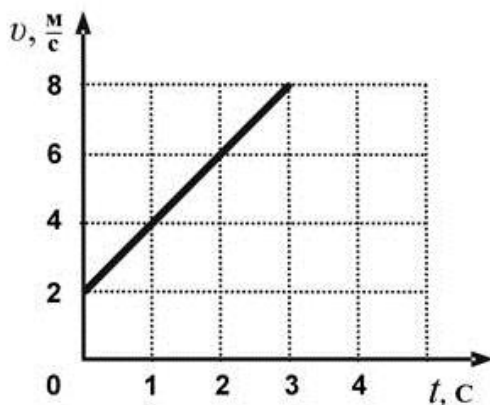


Рис. 1

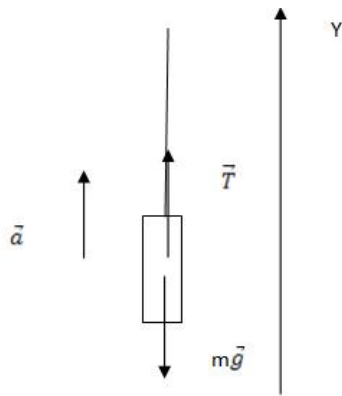


Рис. 2

**Решение.** По графику зависимости проекции скорости  $v$  груза на ось, направленную вертикально вверх, от времени  $t$ , можно определить проекцию ускорения груза

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(8 - 2) \text{ м/с}}{3 \text{ с}} = 2 \text{ м/с}^2.$$

На груз действуют: сила тяжести  $m\vec{g}$ , направленная вертикально вниз и сила натяжения троса  $\vec{T}$ , направленная вдоль троса вертикально вверх смотри рис. 2. Запишем основное уравнение динамики. Воспользуемся вторым законом Ньютона. Геометрическая сумма сил действующих на тело равна произведению массы тела на сообщаемое ему ускорение.

$$\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a} \quad (1)$$

Запишем уравнение для проекции векторов в системе отсчета, связанной с землей, ось  $OY$  направим вверх. Проекция силы натяжения положительная, так как направление силы совпадает с направлением оси  $OY$ , проекция силы тяжести отрицательная, так как вектор силы противоположно направлен оси  $OY$ , проекция вектора ускорения тоже положительная, так тело движется с ускорением вверх. Имеем

$$T - mg = ma \quad (2);$$

из формулы (2) модуль силы натяжения

$$T = m(g + a) = 100 \text{ кг} (10 + 2) \text{ м/с}^2 = 1200 \text{ Н}.$$

**Ответ.** 1200 Н.

**Задание 3.** Тело тащат по шероховатой горизонтальной поверхности с постоянной скоростью  $\vec{v}$  модуль которой равен 1, 5 м/с, прикладывая к нему силу  $\vec{F}$  так, как показано на рисунке (1). При этом модуль действующей на тело

силы трения скольжения равен 16 Н. Чему равна мощность, развиваемая силой  $F$ ?

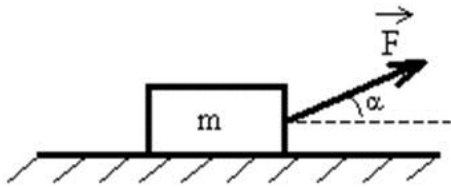


Рис. 1

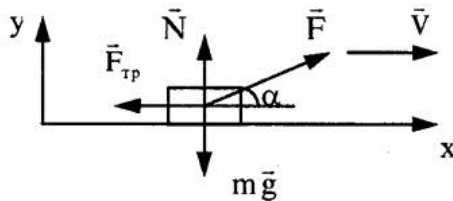


Рис. 2

**Решение.** Представим себе физический процесс, заданный в условии задачи и сделаем схематический чертеж с указанием всех сил, действующих на тело (рис.2). Запишем основное уравнение динамики.

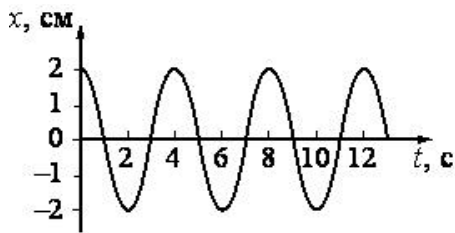
$$\vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} + \vec{F} = m\vec{a} \quad (1)$$

Выбрав систему отсчета, связанную с неподвижной поверхностью, запишем уравнения для проекции векторов на выбранные координатные оси. По условию задачи тело движется равномерно, так как его скорость постоянна и равна 1,5 м/с. Это значит, ускорение тела равно нулю. По горизонтали на тело действуют две силы: сила трения скольжения  $\vec{F}_{\text{тр}}$  и сила  $\vec{F}$ , с которой тело тащат. Проекция силы трения отрицательная, так как вектор силы не совпадает с направлением оси  $X$ . Проекция силы  $F$  положительная. Напоминаем, для нахождения проекции опускаем перпендикуляр из начала и конца вектора на выбранную ось. С учетом этого имеем:  $F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = 0$ ; (1) выразим проекцию силы  $F$ , это  $F \cos \alpha = F_{\text{тр}} = 16 \text{ Н}$ ; (2) тогда мощность, развиваемая силой  $\vec{F}$ , будет равна  $N = F \cos \alpha V$  (3) Сделаем замену, учитывая уравнение (2), и подставим соответствующие данные в уравнение (3):

$$N = 16 \text{ Н} \cdot 1,5 \text{ м/с} = 24 \text{ Вт.}$$

**Ответ.** 24 Вт.

**Задание 4.** Груз, закрепленный на легкой пружине жесткостью 200 Н/м, совершает вертикальные колебания. На рисунке представлен график зависимости смещения  $x$  груза от времени  $t$ . Определите, чему равна масса груза. Ответ округлите до целого числа.

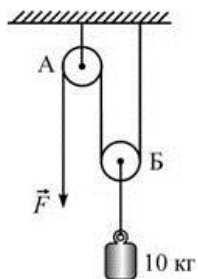


**Решение.** Груз на пружине совершает вертикальные колебания. По графику зависимости смещения груза  $x$  от времени  $t$ , определим период колебаний груза. Период колебаний равен  $T = 4$  с; из формулы  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$  выразим массу  $m$  груза.

$$\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{T}{2\pi}; m = \frac{T^2}{4\pi^2} k; m = 200 \text{ Н/м} \frac{(4 \text{ с})^2}{39,438} = 81,14 \text{ кг} \approx 81 \text{ кг}.$$

**Ответ:** 81 кг.

**Задание 5.** На рисунке показана система из двух легких блоков и невесомого троса, с помощью которого можно удерживать в равновесии или поднимать груз массой 10 кг. Трение пренебрежимо мало. На основании анализа приведенного рисунка выберите два верных утверждения и укажите в ответе их номера.



1. Для того чтобы удерживать груз в равновесии, нужно действовать на конец веревки с силой 100 Н.
2. Изображенная на рисунке система блоков не дает выигрыша в силе.
3. Для того чтобы медленно поднять груз на высоту  $h$ , нужно вытянуть участок веревки длиной  $3h$ .
4. Для того чтобы медленно поднять груз на высоту  $h$ , нужно вытянуть участок веревки длиной  $2h$ .
5. Для того чтобы удерживать груз в равновесии, нужно действовать на конец веревки с силой 50 Н.

**Решение.** В данной задаче необходимо вспомнить простые механизмы, а именно блоки: подвижный и неподвижный блок. Подвижный блок дает выигрыш в силе в два раза, при этом участок веревки нужно вытянуть в два раза длиннее, а неподвижный блок используют для перенаправления силы. В работе простые

механизмы выигрыша не дают. После анализа задачи сразу выбираем нужные утверждения:

4. Для того чтобы медленно поднять груз на высоту  $h$ , нужно вытянуть участок веревки длиной  $2h$ .
5. Для того чтобы удерживать груз в равновесии, нужно действовать на конец веревки с силой 50 Н.

**Ответ. 45.**

Задание 6. В сосуд с водой полностью погружен алюминиевый груз, закрепленный на невесомой и нерастяжимой нити. Груз не касается стенок и дна сосуда. Затем в такой же сосуд с водой погружают железный груз, масса которого равна массе алюминиевого груза. Как в результате этого изменятся модуль силы натяжения нити и модуль действующей на груз силы тяжести?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

Увеличивается;

Уменьшается;

Не изменяется.

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль силы натяжения нити	Модуль действующей на груз силы тяжести

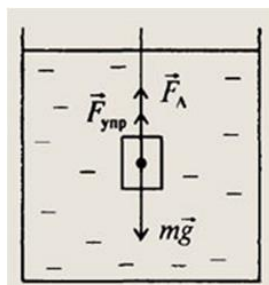


Рис. 1

Решение. Анализируем условие задачи и выделяем те параметры, которые не меняются в ходе исследования: это масса тела и жидкость, в которую погружают тело на нити. После этого лучше выполнить схематический рисунок и указать действующие на груз силы: сила натяжения нити  $F_{упр}$ , направленная вдоль нити

вверх; сила тяжести  $m\vec{g}$ , направленная вертикально вниз; архимедова сила  $\vec{F}_a$ , действующая со стороны жидкости на погруженное тело и направленная вверх. По условию задачи масса грузов одинакова, следовательно, модуль действующей на груз силы тяжести не меняется. Так как плотность грузов разная, то объем тоже будет разный

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

Плотность железа  $7800 \text{ кг/м}^3$ , а алюминиевого груза  $2700 \text{ кг/м}^3$ . Следовательно,  $V_{\text{ж}} < V_{\text{а}}$ . Тело в равновесии, равнодействующая всех сил, действующих на тело равна нулю. Направим координатную ось  $OY$  вверх. Основное уравнение динамики с учетом проекции сил запишем в виде  $F_{\text{упр}} + F_{\text{а}} - mg = 0$ ; (1) Выразим силу натяжения  $F_{\text{упр}} = mg - F_{\text{а}}$  (2); архимедова сила зависит от плотности жидкости и объема погруженной части тела  $F_{\text{а}} = \rho g V$  п.ч.т. (3); Плотность жидкости не меняется, а объем тела из железа меньше  $V_{\text{ж}} < V_{\text{а}}$ , поэтому архимедова сила, действующая на железный груз будет меньше. Делаем вывод о модуле силы натяжения нити, работая с уравнение (2), он возрастет.

Ответ. 13.

Задание 7. Брусок массой  $m$  соскальзывает с закрепленной шероховатой наклонной плоскости с углом  $\alpha$  при основании. Модуль ускорения бруска равен  $a$ , модуль скорости бруска возрастает. Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, при помощи которых их можно вычислить. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА

А) Модуль силы реакции, действующей на брусок со стороны наклонной плоскости

1)  $mg$

2)  $tg\alpha - \frac{a}{g\cos\alpha}$

Б) Коэффициент трения бруска о наклонную плоскость

3)  $mg \cos\alpha$

4)  $\sin\alpha$            <sup>a</sup>

Решение. Данная задача требует применение законов Ньютона. Рекомендуем сделать схематический чертеж; указать все кинематические характеристики движения. Если возможно, изобразить вектор ускорения и векторы всех сил, приложенных к движущемуся телу; помнить, что силы, действующие на тело, – результат взаимодействия с другими телами. Затем записать основное уравнение динамики. Выбрать систему отсчета и записать полученное уравнение для проекции векторов сил и ускорений;

Следуя предложенному алгоритму, сделаем схематический чертеж (рис. 1). На рисунке изображены силы, приложенные к центру тяжести бруска, и координатные оси системы отсчета, связанной с поверхностью наклонной плоскости. Так как все силы постоянны, то движение бруска будет равнопеременным с увеличивающейся скоростью, т.е. вектор ускорения направлен в сторону движения. Выберем направление осей как указано на рисунке. Запишем проекции сил, на выбранные оси.

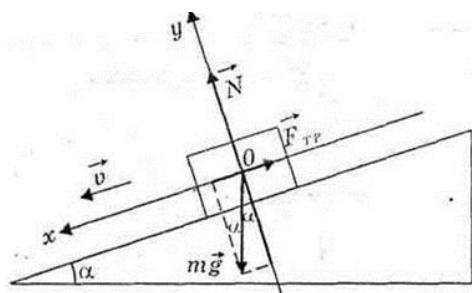


Рис. 1

Запишем основное уравнение динамики:

$$\vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} = m\vec{a} \quad (1)$$

Запишем данное уравнение (1) для проекции сил и ускорения.

На ось OY: проекция силы реакции опоры положительная, так как вектор совпадает с направлением оси OY  $N_y = N$ ; проекция силы трения равна нулю так как вектор перпендикулярен оси; проекция силы тяжести будет отрицательная и равная  $mg_y = -mg \cos \alpha$ ; проекция вектора ускорения  $a_y = 0$ , так как вектор ускорения перпендикулярен оси. Имеем  $N - mg \cos \alpha = 0$  (2) из уравнения выразим силу реакции действующей на брусок, со стороны наклонной плоскости.  $N = mg \cos \alpha$  (3). Запишем проекции на ось OX.

На ось OX: проекция силы N равна нулю, так как вектор перпендикулярен оси OX; Проекция силы трения отрицательная (вектор направлен в



противоположную сторону относительно выбранной оси); проекция силы тяжести положительная и равна  $mgx = mgsin\alpha$  (4) из прямоугольного треугольника. Проекция ускорения положительная  $ax = a$ ; Тогда уравнение (1) запишем с учетом проекции  $mgsin\alpha - F_{тр} = ma$  (5);  $F_{тр} = m(gsina - a)$  (6); Помним, что сила трения пропорциональна силе нормального давления  $N$ .

По определению  $F_{тр} = \mu N$  (7), выразим коэффициент трения бруска о наклонную плоскость.

$$\mu = \frac{F_{тр}}{N} = \frac{m(gsina - a)}{mgcosa} = tg\alpha - \frac{a}{gcosa} \quad (8).$$

Выбираем соответствующие позиции для каждой буквы.

Ответ. А – 3; Б – 2.

Задание 8. Газообразный кислород находится в сосуде объемом 33,2 литра. Давление газа 150 кПа, его температура 127° С. Определите массу газа в этом сосуде. Ответ выразите в граммах и округлите до целого числа.

Решение. Важно обратить внимание на перевод единиц в систему СИ. Температуру переводим в Кельвины  $T = t^{\circ}C + 273$ , объем  $V = 33,2 \text{ л} = 33,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ; Давление переводим  $P = 150 \text{ кПа} = 150\,000 \text{ Па}$ . Используя уравнение состояния идеального газа

$$PV = \frac{m}{\mu}RT, \text{ (уравнение Менделеева –Клапейрона)}$$

выразим массу газа.

$$m = \frac{PV\mu}{RT};$$

и подставим числовые значения в полученное уравнение.

$$m = \frac{1,5 \cdot 10^5 \cdot 33,2 \cdot 10^{-3} \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 400} = 0,0479 \text{ кг} = 47,9 \text{ г} \approx 48 \text{ г}$$

Обязательно обращаем внимание, в каких единица просят записать ответ. Это очень важно.

Ответ. 48 г.

Задание 9. Идеальный одноатомный газ в количестве 0,025 моль адиабатически расширился. При этом его температура понизилась с +103°C до +23°C. Какую работу совершил газ? Ответ выразите в Джоулях и округлите до целого числа.

Решение. Во-первых, газ одноатомный число степеней свободы  $i = 3$ , во-вторых, газ расширяется адиабатически – это значит без теплообмена  $Q = 0$ . Газ совершает работу за счет уменьшения внутренней энергии. С учетом этого, первый закон термодинамики запишем в виде  $0 = \Delta U + A_{\Gamma}$ ; (1) выразим работу газа  $A_{\Gamma} = -\Delta U$  (2); Изменение внутренней энергии для одноатомного газа запишем как

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \quad (3);$$

Проведем вычисления подставив (3) в (2). Не забываем перевести температуру из градусов Цельсия в Кельвины.

$$A_{\Gamma} = -\frac{3}{2} 0,025 \cdot 8,31 \cdot (-80) = 24,93 \text{ (Дж)} \approx 25 \text{ Дж}$$

Ответ. 25 Дж.

Задание 10. Относительная влажность порции воздуха при некоторой температуре равна 10 %. Во сколько раз следует изменить давление этой порции воздуха для того, чтобы при неизменной температуре его относительная влажность увеличилась на 25 %?

Решение. Вопросы, связанные с насыщенным паром и влажностью воздуха, чаще всего вызывают затруднения у школьников. Воспользуемся формулой для расчета относительной влажности воздуха

$$\varphi = \frac{P_{\text{в.п.}}}{P_{\text{н.п.}}} \cdot 100 \% \quad (1);$$

По условию задачи температура не изменяется, значит, давление насыщенного пара остается тем же. Запишем формулу (1) для двух состояний воздуха.

$$\varphi_1 = \frac{P_{1\text{в.п.}}}{P_{\text{н.п.}}} \cdot 100 \% \quad (2);$$

и

$$\varphi_2 = P_{2\text{в.п.}} \cdot 100 \% \quad (3);$$

Рн.п.

$$\varphi_1 = 10 \% ; \varphi_2 = 35 \%$$

Выразим давления воздуха из формул (2), (3) и найдем отношение давлений.

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{35}{10} = 3,5$$

Ответ. Давление следует увеличить в 3,5 раза.

Задание 11. Горячее вещество в жидком состоянии медленно охлаждалось в плавильной печи с постоянной мощностью. В таблице приведены результаты измерений температуры вещества с течением времени.

Время, мин	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура, °С	250	242	234	232	232	232	230	216

Выберите из предложенного перечня два утверждения, которые соответствуют результатам проведенных измерений и укажите их номера.

Температура плавления вещества в данных условиях равна 232°С.

Через 20 мин. после начала измерений вещество находилось только в твердом состоянии.

Теплоемкость вещества в жидком и твердом состоянии одинакова.

Через 30 мин. после начала измерений вещество находилось только в твердом состоянии.

Процесс кристаллизации вещества занял более 25 минут.

Решение. Так как вещество охлаждалось, то его внутренняя энергия уменьшалась. Результаты измерения температуры, позволяют определить температуру, при которой вещество начинает кристаллизоваться. Пока вещество переходит из жидкого состояния в твердое, температура не меняется. Зная, что температура плавления и температура кристаллизации одинаковы, выбираем утверждение:

1. Температура плавления вещества в данных условиях равна 232°С.

Второе верное утверждение это:

4. Через 30 мин. после начала измерений вещество находилось только в твердом состоянии. Так как температура в этот момент времени, уже ниже температуры кристаллизации.

Ответ. 14.

Задание 12. В изолированной системе тело А имеет температуру +40°C, а тело Б температуру +65°C. Эти тела привели в тепловой контакт друг с другом. Через некоторое время наступило тепловое равновесие. Как в результате изменилась температура тела Б и суммарная внутренняя энергия тела А и Б?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

Увеличилась;

Уменьшилась;

Не изменилась.

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Температура тела Б	Суммарная внутренняя энергия тел А и Б

Решение. Если в изолированной системе тел не происходит никаких превращений энергии кроме теплообмена, то количество теплоты, отданное телами, внутренняя энергия которых уменьшается, равно количеству теплоты, полученному телами, внутренняя энергия которых увеличивается. (По закону сохранения энергии.) При этом суммарная внутренняя энергия системы не меняется. Задачи такого типа решаются на основании уравнения теплового баланса.

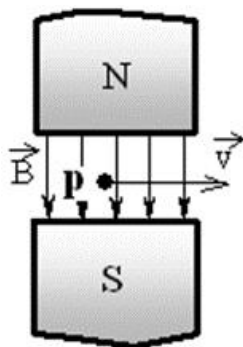
$$\Delta U = \sum_{i=1}^n \Delta U_i = 0 \quad (1);$$

где  $\Delta U$  – изменение внутренней энергии.

В нашем случае в результате теплообмена внутренняя энергия тела Б уменьшается, а значит уменьшается температура этого тела. Внутренняя энергия тела А увеличивается, так как тело получило количество теплоты от тела Б, то температура его увеличится. Суммарная внутренняя энергия тел А и Б не изменяется.

Ответ. 23.

Задание 13. Протон  $p$ , влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет скорость  $\vec{v}$ , перпендикулярную вектору индукции  $\vec{B}$  магнитного поля, как показано на рисунке. Куда направлена действующая на протон сила Лоренца относительно рисунка (вверх, к наблюдателю, от наблюдателя, вниз, влево, вправо)



Решение. На заряженную частицу магнитное поле действует с силой Лоренца. Для того чтобы определить направление этой силы, важно помнить мнемоническое правило левой руки, не забывая учитывать заряд частицы. Четыре пальца левой руки направляем по вектору скорости, для положительно заряженной частицы, вектор  $\vec{B}$  должен перпендикулярно входить в ладонь, большой палец отставленный на  $90^\circ$  показывает направление действующей на частицу силы Лоренца. В результате имеем, что вектор силы Лоренца направлен от наблюдателя относительно рисунка.

Ответ. от наблюдателя.

Задание 14. Модуль напряженности электрического поля в плоском воздушном конденсаторе емкостью  $50 \text{ мкФ}$  равен  $200 \text{ В/м}$ . Расстояние между пластинами конденсатора  $2 \text{ мм}$ . Чему равен заряд конденсатора? Ответ запишите в мкКл.

Решение. Переведем все единицы измерения в систему СИ. Емкость  $C = 50 \text{ мкФ} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$ , расстояние между пластинами  $d = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ . В задаче говорится о плоском воздушном конденсаторе – устройстве для накопления электрического заряда и энергии электрического поля. Из формулы электрической емкости

$$C = \frac{q}{U} \quad (1),$$

выразим электрический заряд  $q = C \cdot U$  (2). Используя связь напряженности электрического поля  $E$  и напряжения  $U$ , запишем формулу

$$E = U \quad (3),$$

d

где d – расстояние между пластинами.

Выразим напряжение  $U = E \cdot d$  (4); Подставим (4) в (2) и рассчитаем заряд конденсатора.

$$q = C \cdot Ed = 50 \cdot 10^{-6} \cdot 200 \cdot 0,002 = 20 \text{ мкКл}$$

Обращаем внимание, в каких единицах нужно записать ответ. Получили в кулонах, а представляем в мкКл.

Ответ. 20 мкКл.

Задание 15.



Рис. 1

Ученик провел опыт по преломлению света, представленный на фотографии. Как изменяется при увеличении угла падения угол преломления света, распространяющегося в стекле, и показатель преломления стекла?

Увеличивается

Уменьшается

Не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Угол преломления	Показатель преломления стекла

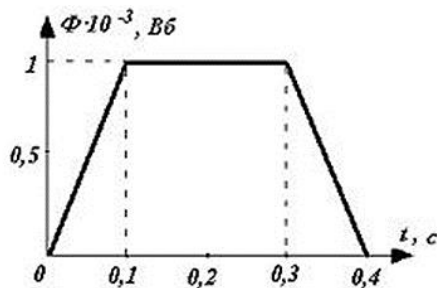
Решение. В задачах такого плана вспоминаем, что такое преломление. Это изменение направления распространения волны при прохождении из одной среды в другую. Вызвано оно тем, что скорости распространения волн в этих средах различны. Разобравшись из какой среды в какую свет распространяется, запишем закона преломления в виде

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

где  $n_2$  – абсолютный показатель преломления стекла, среда куда идет свет;  $n_1$  – абсолютный показатель преломления первой среды, откуда свет идет. Для воздуха  $n_1 = 1$ .  $\alpha$  – угол падения луча на поверхность стеклянного полуцилиндра,  $\beta$  – угол преломления луча в стекле. Причем, угол преломления будет меньше угла падения, так как стекло оптически более плотная среда – среда с большим показателем преломления. Скорость распространения света в стекле меньше. Обращаем внимание, что углы измеряем от перпендикуляра, восстановленного в точке падения луча. Если увеличивать угол падения, то и угол преломления будет расти. Показатель преломления стекла от этого меняться не будет.

Ответ.

Задание 16. Медная перемычка в момент времени  $t_0 = 0$  начинает двигаться со скоростью 2 м/с по параллельным горизонтальным проводящим рельсам, к концам которых подсоединен резистор сопротивлением 10 Ом. Вся система находится в вертикальном однородном магнитном поле. Сопротивление перемычки и рельсов пренебрежимо мало, перемычка все время расположена перпендикулярно рельсам. Поток  $\Phi$  вектора магнитной индукции через контур, образованный перемычкой, рельсами и резистором, изменяется с течением времени  $t$  так, как показано на графике.



Используя график, выберите два верных утверждения и укажите в ответе их номера.

К моменту времени  $t = 0,1$  с изменение магнитного потока через контур равно 1 мВб.

Индукционный ток в перемычке в интервале от  $t = 0,1$  с  $t = 0,3$  с максимален.

Модуль ЭДС индукции, возникающей в контуре, равен 10 мВ.

Сила индукционного тока, текущего в перемычке, равна 64 мА.

Для поддержания движения перемычки к ней прикладывают силу, проекция которой на направление рельсов равна 0,2 Н.

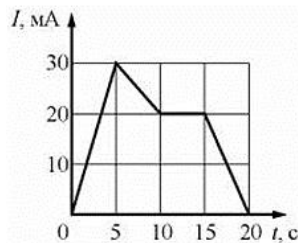
Решение. По графику зависимости потока вектора магнитной индукции через контур от времени определим участки, где поток  $\Phi$  меняется, и где изменение потока равно нулю. Это позволит нам определить интервалы времени, в которые в контуре будет возникать индукционный ток. Верное утверждение:

1) К моменту времени  $t = 0,1$  с изменение магнитного потока через контур равно  $1$  мВб  $\Delta\Phi = (1 - 0) \cdot 10^{-3}$  Вб; Модуль ЭДС индукции, возникающей в контуре определим используя закон ЭМИ

$$\varepsilon = \left| -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = -\frac{1 \cdot 10^{-3}}{0,1} = 0,01 \text{ В} = 10 \text{ мВ}$$

Ответ. 13.

Задание 17.



По графику зависимости силы тока от времени в электрической цепи, индуктивность которой равна  $1$  мГн, определите модуль ЭДС самоиндукции в интервале времени от  $5$  до  $10$  с. Ответ запишите в мкВ.

Решение. Переведем все величины в систему СИ, т.е. индуктивность  $1$  мГн переведем в Гн, получим  $10^{-3}$  Гн. Силу тока, показанной на рисунке в мА также будем переводить в А путем умножения на величину  $10^{-3}$ .

Формула ЭДС самоиндукции имеет вид

$$\varepsilon = -\frac{L\Delta I}{\Delta t} \quad (1);$$

где  $L$  – индуктивность цепи;  $\Delta I$  – изменение тока;  $\Delta t$  – интервал времени (при котором происходит изменение тока).

Модуль ЭДС самоиндукции будет иметь вид

$$\left| \varepsilon \right| = \frac{L\Delta I}{\Delta t} \quad (2);$$

при этом интервал времени дан по условию задачи

$$\Delta t = 10 \text{ с} - 5 \text{ с} = 5 \text{ с}$$



секунд и по графику определяем интервал изменения тока за это время:

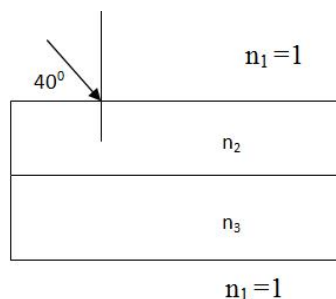
$$\Delta I = 30 \cdot 10^{-3} - 20 \cdot 10^{-3} = 10 \cdot 10^{-3} = 10^{-2} \text{ А.}$$

Подставляем числовые значения в формулу (2), получаем

$$|\mathcal{E}| = 2 \cdot 10^{-6} \text{ В, или } 2 \text{ мкВ.}$$

Ответ. 2.

Задание 18. Две прозрачные плоскопараллельные пластинки плотно прижаты друг к другу. Из воздуха на поверхность первой пластинки падает луч света (см. рисунок). Известно, что показатель преломления верхней пластинки равен  $n_2 = 1,77$ . Установите соответствие между физическими величинами и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ЕЕ  
ЗНАЧЕНИЕ

А) Синус угла падения луча на границу 2-3 между пластинами 1)  $\approx 0,698$

2)  $\approx 0,433$

Б) Угол преломления луча при переходе границы 3-1 ( в  $n_3$ )  $\approx 0,363$   
радианах)

4)  $\approx 0,873$

Решение. Для решения задач о преломлении света на границе раздела двух сред, в частности задач на прохождение света через плоскопараллельные пластинки можно рекомендовать следующий порядок решения: сделать чертеж с указанием хода лучей, идущих из одной среды в другую; в точке падения луча на границе раздела двух сред провести нормаль к поверхности, отметить углы падения и преломления. Особо обратить внимание на оптическую плотность рассматриваемых сред и помнить, что при переходе луча света из оптически менее плотной среды в оптически более плотную среду угол преломления будет меньше угла падения. На рисунке дан угол между падающим лучом и поверхностью, а нам нужен угол падения. Помним, что углы определяются от перпендикуляра, восстановленного в точке падения. Определяем, что угол

падения луча на поверхность  $90^\circ - 40^\circ = 50^\circ$ , показатель преломления  $n_2 = 1,77$ ;  $n_1 = 1$  (воздух).

Запишем закон преломления

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1),$$

для границы 1-2:

$$\frac{\sin 50}{\sin\beta} = \frac{n_2}{n_1} = 1,77;$$

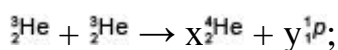
$$\sin\beta = \frac{\sin 50}{1,77} = 0,4327 \approx 0,433$$

Построим примерный ход луча через пластинки. Используем формулу (1) для границы 2–3 и 3–1. В ответе получаем

- А) Синус угла падения луча на границу 2–3 между пластинками – это 2)  $\approx 0,433$ ;  
 Б) Угол преломления луча при переходе границы 3–1 (в радианах) – это 4)  $\approx 0,873$ .

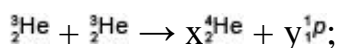
Ответ. 24.

Задание 19. Определите, сколько  $\alpha$  – частиц и сколько протонов получается в результате реакции термоядерного синтеза



Количество $\alpha$ -частиц	Количество протонов

Решение. При всех ядерных реакциях соблюдаются законы сохранения электрического заряда и числа нуклонов. Обозначим через  $x$  – количество альфа частиц,  $y$  – количество протонов. Составим уравнения



$$\begin{cases} 3 + 3 = 4x + 1y \\ 2 + 2 = 2x + 1y \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 6 = 4x + y \\ 4 = 2x + y \end{cases}$$

решая систему имеем, что  $x = 1$ ;  $y = 2$

Ответ. 1 –  $\alpha$ -частица; 2 – протона.

Задание 20. Модуль импульса первого фотона равен  $1,32 \cdot 10^{-28}$  кг·м/с, что на  $9,48 \cdot 10^{-28}$  кг·м/с меньше, чем модуль импульса второго фотона. Найдите отношение энергии  $E_2/E_1$  второго и первого фотонов. Ответ округлите до десятых долей.

Решение. Импульс второго фотона больше импульса первого фотона по условию значит можно представить  $p_2 = p_1 + \Delta p$  (1). Энергию фотона можно выразить через импульс фотона, используя следующие уравнения. Это  $E = mc^2$  (1) и  $p = mc$  (2), тогда

$$E = pc \text{ (3),}$$

где  $E$  – энергия фотона,  $p$  – импульс фотона,  $m$  – масса фотона,  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с – скорость света. С учетом формулы (3) имеем:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{p_2}{p_1} = 8,18;$$

Ответ округляем до десятых и получаем 8,2.

Ответ. 8,2.

Задание 21. Ядро атома претерпело радиоактивный позитронный  $\beta$  – распад. Как в результате этого изменялись электрический заряд ядра и количество нейтронов в нем?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

Увеличилась;

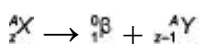
Уменьшилась;

Не изменилась.

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Электрический заряд ядра	Количество нейтронов в ядре

Решение. Позитронный  $\beta$  – распад в атомном ядре происходит при превращении протона в нейтрон с испусканием позитрона. В результате этого число нейтронов в ядре увеличивается на единицу, электрический заряд уменьшается на единицу, а массовое число ядра остается неизменным. Таким образом, реакция превращения элемента следующая:



Ответ. 21.

Задание 22. В лаборатории было проведено пять экспериментов по наблюдению дифракции с помощью различных дифракционных решеток. Каждая из решеток освещалась параллельными пучками монохроматического света с определенной длиной волны. Свет во всех случаях падал перпендикулярно решетке. В двух из этих экспериментов наблюдалось одинаковое количество главных дифракционных максимумов. Укажите сначала номер эксперимента, в котором использовалась дифракционная решетка с меньшим периодом, а затем – номер эксперимента, в котором использовалась дифракционная решетка с большим периодом.

Номер эксперимента	Период дифракционной решетки	Длина волны падающего света
1	2d	$\lambda/2$
2	d	$\lambda$
3	2d	$\lambda$
4	d/2	$\lambda/2$
5	d/2	$2\lambda$

Решение. Дифракцией света называется явление светового пучка в область геометрической тени. Дифракцию можно наблюдать в том случае, когда на пути световой волны встречаются непрозрачные участки или отверстия в больших по размерам и непрозрачных для света преградах, причем размеры этих участков или отверстий соизмеримы с длиной волны. Одним из важнейших дифракционных устройств является дифракционная решетка. Угловые направления на максимумы дифракционной картины определяются уравнением

$$d \sin \varphi = k \lambda \quad (1),$$

где  $d$  – период дифракционной решетки,  $\varphi$  – угол между нормалью к решетке и направлением на один из максимумов дифракционной картины,  $\lambda$  – длина световой волны,  $k$  – целое число, называемое порядком дифракционного максимума. Выразим из уравнения (1)

$$k = \frac{d \sin \varphi}{\lambda} \quad (2).$$

Подбирая пары согласно условию эксперимента, выбираем сначала 4 где использовалась дифракционная решетка с меньшим периодом, а затем – номер эксперимента, в котором использовалась дифракционная решетка с большим периодом – это 2.

Ответ. 42.

Задание 23. По проволочному резистору течет ток. Резистор заменили на другой, с проволокой из того же металла и той же длины, но имеющей вдвое меньшую площадь поперечного сечения, и пропустили через него вдвое меньший ток. Как изменятся при этом напряжение на резисторе и его сопротивление?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

Увеличится;

Уменьшится;

Не изменится.

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Напряжение на резисторе	Сопротивление резистора

Решение. Важно помнить от каких величин зависит сопротивление проводника. Формула для расчета сопротивления имеет вид

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1);$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление проводника;  $l$  – длина проводника;  $S$  – площадь поперечного сечения. Для полного ответа на вопрос задачи необходимо записан формулу

$$I = \frac{U}{R} \quad (2) –$$

закона Ома для участка цепи, из формулы (2), выразим напряжение

$$U = IR \quad (3).$$

По условию задачи второй резистор изготовлен из проволоки того же материала, той же длины, но разной площади поперечного сечения. Площадь в два раза меньшая. Подставляя в (1) получим, что сопротивление увеличивается в 2 раза, а сила тока уменьшается в 2 раза, следовательно, напряжение не изменяется.

Ответ. 13.

Задание 24. Период колебаний математического маятника на поверхности Земли в 1, 2 раза больше периода его колебаний на некоторой планете. Чему равен модуль ускорения свободного падения на этой планете? Влияние атмосферы в обоих случаях пренебрежимо мало.

Решение. Математический маятник – это система, состоящая из нити, размеры которой много больше размеров шарика и самого шарика. Трудность может возникнуть если забыта формула Томсона для периода колебаний математического маятника.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1);$$

$l$  – длина математического маятника;  $g$  – ускорение свободного падения.

По условию

$$\frac{T_3}{T_П} = 1,2 \quad (2);$$

Используя формулу Томсона для периода колебаний математического маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3), \text{ запишем формулу (1) в виде}$$

$$\frac{T_3}{T_П} = \sqrt{\frac{g_3}{g_П}} \quad (4).$$

Выразим из (3)  $g_П = 14,4 \text{ м/с}^2$ . Надо отметить, что ускорение свободного падения зависит от массы планеты и радиуса

Ответ.  $14,4 \text{ м/с}^2$ .

Задание 25. Прямолинейный проводник длиной 1 м, по которому течет ток 3 А, расположен в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,4 \text{ Тл}$  под углом  $30^\circ$  к вектору  $\vec{B}$ . Каков модуль силы, действующей на проводник со стороны магнитного поля?

Решение. Если в магнитное поле, поместить проводник с током, то поле на проводник с током будет действовать с силой Ампера. Запишем формулу модуля силы Ампера

$$F_A = ILB \sin \alpha;$$

$$F_A = 0,6 \text{ Н}$$

Ответ.  $F_A = 0,6 \text{ Н}$ .

Задание 26. Энергия магнитного поля, запасенная в катушке при пропускании через нее постоянного тока, равна 120 Дж. Во сколько раз нужно увеличить силу тока, протекающего через обмотку катушки, для того, чтобы запасенная в ней энергия магнитного поля увеличилась на 5760 Дж.

Решение. Энергия магнитного поля катушки рассчитывается по формуле

$$W_M = \frac{LI^2}{2} \quad (1);$$

По условию  $W_1 = 120$  Дж, тогда  $W_2 = 120 + 5760 = 5880$  Дж.

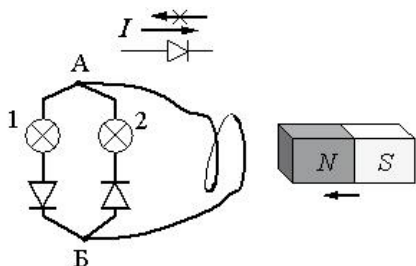
$$I_{12} = \frac{2W_1}{L}; \quad I_{22} = \frac{2W_2}{L};$$

Тогда отношение токов

$$\frac{I_{22}}{I_{12}} = 49; \quad \frac{I_2}{I_1} = 7$$

Ответ. Силу тока нужно увеличить в 7 раз. В бланк ответов Вы вносите только цифру 7.

Задание 27. Электрическая цепь состоит из двух лампочек, двух диодов и витка провода, соединенных, как показано на рисунке. (Диод пропускает ток только в одном направлении, как показано на верхней части рисунка). Какая из лампочек загорится, если к витку приближать северный полюс магнита? Ответ объясните, указав, какие явления и закономерности вы использовали при объяснении.



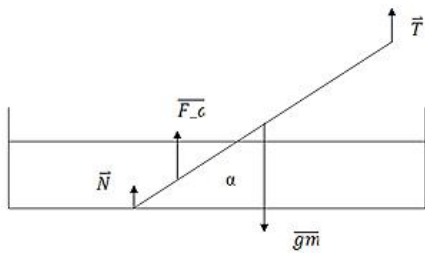
Решение. Линии магнитной индукции выходят из северного полюса магнита и расходятся. При приближении магнита магнитный поток через виток провода увеличивается. В соответствии с правилом Ленца магнитное поле, создаваемое индукционным током витка, должно быть направлено вправо. По правилу буравчика ток должен идти по часовой стрелке (если смотреть слева). В этом направлении пропускает диод, стоящий в цепи второй лампы. Значит, загорится вторая лампа.

Ответ. Загорится вторая лампа.

Задание 28. Алюминиевая спица длиной  $L = 25$  см и площадью поперечного сечения  $S = 0,1$  см<sup>2</sup> подвешена на нити за верхний конец. Нижний конец опирается на горизонтальное дно сосуда, в который налита вода. Длина погруженной в воду части спицы  $l = 10$  см. Найти силу  $F$ , с которой спица давит на дно сосуда, если известно, что нить расположена вертикально. Плотность

алюминия  $\rho_a = 2,7 \text{ г/см}^3$ , плотность воды  $\rho_v = 1,0 \text{ г/см}^3$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$

Решение. Выполним поясняющий рисунок.



$\vec{T}$  – Сила натяжения нити;

$\vec{N}$  – Сила реакции дна сосуда;

$\vec{F}_a$  – архимедова сила, действующая только на погруженную часть тела, и приложенная к центру погруженной части спицы;

$m\vec{g}$  – сила тяжести, действующая на спицу со стороны Земли и приложена к центру всей спицы.

По определению масса спицы  $m$  и модуль архимедовой силы выражаются следующим образом :  $m = SL\rho_a$  (1);

$$F_a = Sl\rho_v g \quad (2)$$

Рассмотрим моменты сил относительно точки подвеса спицы.

$$M(T) = 0 \text{ – момент силы натяжения; } (3)$$

$$M(N) = NL\cos\alpha \text{ – момент силы реакции опоры; } (4)$$

$$M(F_a) = Sl\rho_v g \left( L - \frac{1}{2} \right) \cos\alpha \text{ – момент архимедовой силы ; } (5)$$

$$M(mg) = SL\rho_a g \frac{L}{2} \cos\alpha \text{ – момент силы тяжести; } (6)$$

С учетом знаков моментов запишем уравнение

$$NL\cos\alpha + Sl\rho_v g \left( L - \frac{1}{2} \right) \cos\alpha = SL\rho_a g \frac{L}{2} \cos\alpha \quad (7)$$

учитывая, что по третьему закону Ньютона сила реакции дна сосуда равна силе  $F_d$  с которой спица давит на дно сосуда запишем  $N = F_d$  и из уравнения (7) выразим эту силу:



$$F_d = \left[ \frac{1}{2} L p_a - \left( 1 - \frac{1}{2L} \right) l p_b \right] S g \quad (8).$$

Подставим числовые данные и получим, что

$$F_d = 0,025 \text{ Н.}$$

Ответ.  $F_d = 0,025 \text{ Н.}$

Задание 29. Баллон, содержащий  $m_1 = 1 \text{ кг}$  азота, при испытании на прочность взорвался при температуре  $t_1 = 327^\circ\text{C}$ . Какую массу водорода  $m_2$  можно было бы хранить в таком баллоне при температуре  $t_2 = 27^\circ\text{C}$ , имея пятикратный запас прочности? Молярная масса азота  $M_1 = 28 \text{ г/моль}$ , водорода  $M_2 = 2 \text{ г/моль}$ .

Решение. Запишем уравнение состояния идеального газа Менделеева – Клапейрона для азота

$$p_1 V = \frac{m_1}{M_1} R T_1 \quad (1).$$

Из уравнения состояния азота следует, что давление, при котором взорвался баллон,

$$p_1 = \frac{m_1}{M_1} \cdot \frac{R T_1}{V}, \quad (2)$$

где  $V$  – объем баллона,  $T_1 = t_1 + 273^\circ\text{C}$ . По условию водород можно хранить при давлении  $p_2 = p_1/5$ ; (3) Учитывая, что

$$p_2 = \frac{m_2}{M_2} \cdot \frac{R T_2}{V} \quad (4)$$

можем выразить массу водорода работая сразу с уравнениями (2), (3), (4). Конечная формула имеет вид:

$$m_2 = \frac{m_1}{5} \cdot \frac{M_2}{M_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \quad (5).$$

После подстановки числовых данных  $m_2 = 28 \text{ г.}$

Ответ.  $m_2 = 28 \text{ г.}$

Задание 30. В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности  $I_m = 5 \text{ мА}$ , а амплитуда напряжения на конденсаторе  $U_m = 2,0 \text{ В}$ . В момент времени  $t$  напряжение на конденсаторе равно  $1,2 \text{ В}$ . Найдите силу тока в катушке в этот момент.

Решение. В идеальном колебательном контуре сохраняется энергия колебаний. Для момента времени  $t$  закон сохранения энергий имеет вид

$$C \frac{U^2}{2} + L \frac{I^2}{2} = L \frac{I_m^2}{2} \quad (1)$$

Для амплитудных (максимальных) значений запишем

$$C \frac{U_m^2}{2} = L \frac{I_m^2}{2} \quad (2)$$

Из равенства (1) следует :

$$I^2 = I_m^2 - \frac{C}{L} U^2 \quad (3),$$

а из уравнения (2) выразим

$$\frac{C}{L} = \frac{I_m^2}{U_m^2} \quad (4).$$

Подставим (4) в (3). В результате получим:

$$I = I_m \sqrt{1 - \frac{U^2}{U_m^2}} \quad (5)$$

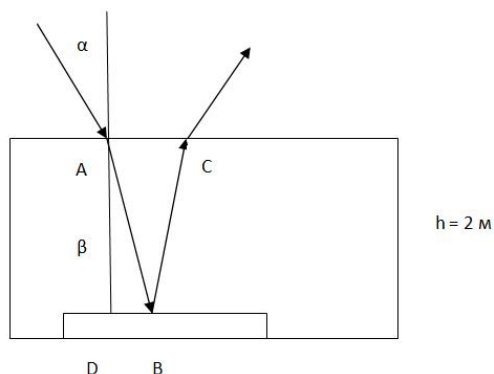
Таким образом, сила тока в катушке в момент времени  $t$  равна

$$I = 4,0 \text{ мА.}$$

Ответ.  $I = 4,0 \text{ мА.}$

Задание 31. На дне водоема глубиной 2 м лежит зеркало. Луч света, пройдя через воду, отражается от зеркала и выходит из воды. Показатель преломления воды равен 1,33. Найдите расстояние между точкой входа луча в воду и точкой выхода луча из воды, если угол падения луча равен  $30^\circ$

Решение. Сделаем поясняющий рисунок



$\alpha$  – угол падения луча;

$\beta$  – угол преломления луча в воде;

AC – расстояние между точкой входа луча в воду и точкой выхода луча из воды.

По закону преломления света

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1),$$

где  $n_2$  – показатель преломления воды;  $n_1$  – показатель преломления воздуха.  $n_1=1$ . Тогда формулу (1) можно записать

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n_2 \quad (2)$$

Выразим

$$\sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n_2} \quad (3)$$

Рассмотрим прямоугольный  $\triangle ADB$ . В нем  $AD = h$ , тогда  $DB = AD$

$$\operatorname{tg}\beta = h \operatorname{tg}\beta = h \frac{\sin\beta}{\cos\beta} = h \frac{\sin\beta}{\sqrt{n_2^2 - (\sin\beta)^2}} = h \frac{\sin\alpha}{\sqrt{n_2^2 - (\sin\alpha)^2}} \quad (4)$$

Получаем следующее выражение:

$$AC = 2 DB = 2h \frac{\sin\alpha}{\sqrt{n_2^2 - (\sin\alpha)^2}} \quad (5)$$

Подставим числовые значения в полученную формулу (5)

$$AC = 1,63 \text{ м}$$

Ответ. 1,63 м.