



Разбор



Задания с реального ОГЭ 2026 по физике

Содержание

Задание №1	6
Задача 1.1	6
Задача 1.2	7
Задача 1.3	8
Задача 1.4	9
Задание №2	10
Задача 2.1	10
Задача 2.2	11
Задача 2.3	12
Задача 2.4	13
Задание №3	14
Задача 3.1	14
Задача 3.2	15
Задача 3.3	16
Задача 3.4	17
Задача 3.5	18
Задача 3.6	19
Задание №4	20
Задача 4.1	20
Задача 4.2	21
Задача 4.3	23
Задача 4.4	24
Задача 4.5	25
Задача 4.6	26
Задание №5	27
Задача 5.1	27
Задача 5.2	28
Задача 5.3	29
Задача 5.4	30



Задание №6	31
Задача 6.1	31
Задача 6.2	32
Задача 6.3	33
Задача 6.4	34
Задача 6.5	35
Задание №7	36
Задача 7.1	36
Задача 7.2	37
Задание №8	39
Задача 8.1	39
Задача 8.2	40
Задача 8.3	41
Задача 8.4	42
Задание №9	43
Задача 9.1	43
Задача 9.2	44
Задача 9.3	45
Задача 9.4	46
Задача 9.5	47
Задание №10	48
Задача 10.1	48
Задача 10.2	49
Задача 10.3	50
Задача 10.4	51
Задание №11	52
Задача 11.1	52
Задача 11.2	52
Задача 11.3	52
Задача 11.4	52
Задание №12	53
Задача 12.1	53
Задача 12.2	54
Задание №13	55
Задача 13.1	55
Задача 13.2	56
Задание №14	57
Задача 14.1	57
Задача 14.2	58



Задание №15	59
Задача 15.1	59
Задача 15.2	60
Задача 15.3	61
Задание №16	62
Задача 16.1	62
Задача 16.2	63
Задача 16.3	65
Задание №17	66
Задача 17.1	66
Задача 17.2	67
Задача 17.3	68
Задача 17.4	69
Задача 17.5	70
Задача 17.6	71
Задача 17.7	72
Задание №18	73
Задача 18.1	74
Задача 18.2	75
Задача 18.3	76
Задача 18.4	78
Задача 18.5	80
Задача 18.6	82
Задача 18.7	83
Задача 18.8	85
Задача 18.9	88
Задание №19	89
Задача 19.1	89
Задача 19.2	90
Задача 19.3	91
Задача 19.4	92
Задача 19.5	93
Задача 19.6	94
Задача 19.7	95
Задача 19.8	96
Задача 19.9	97
Задача 19.10	98
Задача 19.11	99
Задание №20	100
Задача 20.1	100



Задача 20.2	100
Задача 20.3	102
Задача 20.4	103
Задача 20.5	104
Задача 20.6	106
Задача 20.7	107
Задача 20.8	108
Задача 20.9	109
Задача 20.10	110
Задача 20.11	111
Задача 20.12	112
Задача 20.13	113
Задание №21	114
Задача 21.1	114
Задача 21.2	115
Задача 21.3	117
Задача 21.4	118
Задача 21.5	119
Задача 21.6	120
Задача 21.7	121
Задача 21.8	122
Задача 21.9	124
Задача 21.10	125
Задача 21.11	126
Задача 21.12	127
Задача 21.13	128
Задача 21.14	129
Задача 21.15	130
Задание №22	131
Задача 22.1	131
Задача 22.2	133
Задача 22.3	134
Задача 22.4	135
Задача 22.5	136
Задача 22.6	137
Задача 22.7	139
Задача 22.8	140
Задача 22.9	141
Задача 22.10	142
Задача 22.11	144
Задача 22.12	146
Задача 22.13	147



Задача 22.14 149



Задание №1

Задача 1.1 #70697 Банк ФИПИ

Установите соответствие между физическими величинами и единицами этих величин в Международной системе единиц (СИ).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ЕДИНИЦЫ
А) электрическое напряжение	1) кулон (1 Кл)
Б) электрическое сопротивление	2) ватт (1 Вт)
В) электрический заряд	3) ампер (1 А)
	4) вольт (1 В)
	5) ом (1 Ом)

Решение

А) Электрическое напряжение — это физическая величина, равная работе электрического поля по перемещению единичного заряда. В СИ она измеряется в **вольтах**. Ответ – 4

Б) Электрическое сопротивление — это физическая величина, характеризующая свойство проводника препятствовать прохождению электрического тока. Его единицей измерения в СИ является **ом**. Ответ – 5

В) Электрический заряд — это физическая величина, определяющая интенсивность электромагнитного взаимодействия. В СИ единицей измерения заряда является **кулон**. Ответ – 1



Задача 1.2 #70519 Банк ФИПИ

Установите соответствие между физическими величинами и единицами этих величин в Международной системе единиц (СИ).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ЕДИНИЦЫ
А) электрическое напряжение	1) кулон (1 Кл)
Б) электрический заряд	2) вольт (1 В)
В) работа электрического тока	3) ватт (1 Вт)
	4) ампер (1 А)
	5) джоуль (1 Дж)

Решение

А) Электрическое напряжение — это физическая величина, равная работе электрического поля по переносу единичного заряда. В СИ она измеряется в **вольтах**. Ответ – 2

Б) Электрический заряд — это физическая величина, определяющая интенсивность электромагнитного взаимодействия. В СИ единицей измерения заряда является **кулон**. Ответ – 1

В) Работа электрического тока — это мера превращения электрической энергии в другие виды энергии. Как и любая работа и энергия, в СИ она измеряется в **джоулях**. Ответ – 5



Задача 1.3 #70519 Банк ФИПИ

Установите соответствие между физическими понятиями и их определениями.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ	ОПРЕДЕЛЕНИЯ
А) траектория	1) линия, по которой движется тело
Б) масса	2) способность тела сохранять свою форму
В) перемещение	3) мера инертности тела
	4) вектор, соединяющий начальное положение тела с последующим положением
	5) длина линии, по которой двигалось тело

Решение

А) Траектория — это **линия, по которой движется тело**. Ответ – 1

Б) Масса — это **мера инертности тела**. Ответ – 3

В) Перемещение — это **вектор, соединяющий начальное положение тела с последующим положением**.

Ответ – 4



Задача 1.4 #70519 Банк ФИПИ

Установите соответствие между физическими величинами и единицами этих величин в Международной системе единиц (СИ).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ЕДИНИЦЫ
А) сила	1) джоуль (1 Дж)
Б) плечо силы	2) ньютон-метр (1 Н · м)
В) момент силы	3) ватт (1 Вт)
	4) метр (1 м)
	5) ньютон (1 Н)

Решение

А) Сила — это мера взаимодействия тел, вызывающая изменение их скорости или деформацию. Согласно второму закону Ньютона, её единицей измерения в СИ является **НЬЮТОН**.

Ответ – 5

Б) Плечо силы — это кратчайшее расстояние от оси вращения до линии действия силы. Это расстояние, поэтому в СИ оно измеряется в **метрах**. Ответ – 4

В) Момент силы — это физическая величина, равная произведению силы на её плечо. Следовательно, его единица измерения в СИ — **ньютон-метр**. Ответ – 2



Задание №2

Задача 2.1 #104905 Банк ФИПИ

Установите соответствие между физическими величинами и приборами, предназначенными для измерения этих величин. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	ПРИБОРЫ
А) ускорение	1) акселерометр
Б) сила	2) динамометр
	3) манометр
	4) спидометр

Решение

А) Ускорение — это физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости тела. Для его измерения используется акселерометр. Этот прибор определяет ускорение, измеряя силу инерции, действующую на инертную массу внутри прибора, или используя другие физические принципы (например, пьезоэлектрический). Акселерометры широко применяются в технике, мобильных устройствах и системах навигации.

Б) Сила — это векторная физическая величина, являющаяся мерой механического воздействия на тело. Для её непосредственного измерения используется динамометр. Этот прибор может быть пружинным (где удлинение пружины пропорционально приложенной силе) или электронным. Шкала динамометра проградуирована в ньютонах (Н).

**Задача 2.2 #50749 Банк ФИПИ**

Установите соответствие между техническими устройствами и физическими закономерностями, лежащими в основе принципа их действия.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ
УСТРОЙСТВА**

- А) амперметр
- Б) электрометр

ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

- 1) зависимость силы, действующий на проводнике с током в магнитном поле, от силы тока в проводнике
- 2) зависимость силы отталкивания одноимённых зарядов от их величины
- 3) зависимость сопротивления проводника от его длины
- 4) зависимость силы тока в цепи от её сопротивления

Решение

А) Амперметр — это прибор для измерения силы тока в электрической цепи. В электромагнитных амперметрах используется явление действия магнитного поля на проводник с током (сила Ампера). Катушка с током, помещённая в магнитное поле, поворачивается, и угол её поворота пропорционален силе тока. Таким образом, принцип действия амперметра основан на **зависимости силы, действующей на проводник с током в магнитном поле, от силы тока в проводнике.**

Б) Электрометр — это прибор для обнаружения и измерения электрического заряда. Он состоит из металлического стержня с подвешенной на нём лёгкой стрелкой (или лепестков), которая может отклоняться. При сообщении стержню электрического заряда, заряд распределяется по всему прибору, и одноимённо заряженные части стрелки отталкиваются друг от друга. Угол отклонения стрелки пропорционален величине заряда, поэтому принцип действия основан на **зависимости силы отталкивания одноимённых зарядов от их величины.**





Задача 2.3 #104913 Банк ФИПИ

Установите соответствие между физическими величинами и приборами, предназначенными для измерения этих величин. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	ПРИБОРЫ
А) скорость	1) барометр
Б) сила	2) динамометр
	3) спидометр
	4) мензурка

Решение

А) Скорость — это физическая величина, характеризующая быстроту изменения положения тела. Для её непосредственного измерения в транспорте (автомобилях, мотоциклах) используется спидометр. Этот прибор определяет скорость движения по частоте вращения колеса или вала коробки передач и показывает результат в км/ч или м/с на шкале или дисплее.

Б) Сила — это векторная физическая величина, являющаяся мерой механического воздействия на тело. Для её измерения используется динамометр. Он может быть пружинным (где сила определяется по удлинению пружины согласно закону Гука) или электронным. Шкала проградуирована в ньютонах (Н).

**Задача 2.4 #104919 Банк ФИПИ**

Установите соответствие между физическими величинами и приборами, предназначенными для измерения этих величин. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

- А) объём тела неправильной формы
- Б) плотность жидкости

ПРИБОРЫ

- 1) линейка
- 2) мензурка
- 3) динамометр
- 4) ареометр

Решение

А) Объём тела неправильной формы (например, камня или гайки) невозможно измерить линейкой из-за сложной геометрии. Для этого используется метод вытеснения жидкости с помощью мензурки (измерительного цилиндра). В мензурку наливается вода, измеряется её начальный объём. Затем тело полностью погружается в воду, и фиксируется новый объём. Разность объёмов равна объёму тела.

Б) Плотность жидкости — это масса жидкости, содержащейся в единице объёма. Для её непосредственного измерения без взвешивания используется специальный прибор — ареометр. Он представляет собой стеклянный поплавок с градуированной шкалой. Ареометр погружается в жидкость, и по глубине его погружения (уровню, до которого он опускается) определяется плотность: чем плотнее жидкость, тем выше всплывает прибор.



Задание №3

Задача 3.1 #83214 Банк ФИПИ

Летучие мыши ориентируются в пространстве благодаря эхолокации. Какое физическое явление лежит в основе эхолокации?

- 1) отражение звуковой волны
- 2) преломление звуковой волны
- 3) отражение световой волны
- 4) преломление световой волны

Решение

В основе эхолокации лежит отражение звуковой волны.

Во время полета мышь излучает короткие сигналы, а затем принимает отраженные эхосигналы, которые приходят к ней от ближайших препятствий и от пролетающих вблизи насекомых.



Задача 3.2 #41439 Банк ФИПИ

Морские моллюски гребешки, обычно спокойно лежащие на дне, при приближении к ним их главного врага — морской звезды — резко сжимают створки своей раковины, с силой выталкивая из неё воду. Таким способом они всплывают и, продолжая открывать и захлопывать раковину, могут отплывать на значительное расстояние.



Что лежит в основе перемещения морского гребешка на большие расстояния?

- 1) увеличение гидростатического давления с глубиной
- 2) закон передачи давления внутри жидкости
- 3) принцип реактивного движения
- 4) действие выталкивающей силы

Решение

Когда моллюски с силой выбрасывают воду, согласно закону сохранения импульсов, возникает импульс, направленный в противоположную сторону движения струи воды. Под действием этого импульса моллюски могут перемещаться по морскому дну, а сам эффект известен как принцип реактивного движения.



Задача 3.3 #67885 Банк ФИПИ

При торможении в земной атмосфере космический корабль нагревается. Какой способ изменения внутренней энергии объясняет в этом случае нагревание корабля?

- 1) совершение работы
- 2) излучение
- 3) теплопроводность
- 4) конвекция

Решение

При торможении на космический корабль действует сила трения, которая направлена противоположно направлению движения. Эта работа выделяется в виде тепла и нагревает тело.



Задача 3.4 #67886 Банк ФИПИ

В летние дни на побережье моря можно наблюдать дневные и ночные бризы: днём ветер дует с моря к берегу, а ночью – от берега к морю. Какой способ теплопередачи объясняет движение воздушных масс во время бриза?

- 1) теплопроводность
- 2) тепловое излучение
- 3) конвекция
- 4) совершение работы

Решение

Днем ветер дует с моря к берегу, а ночью — от суши к морю благодаря эффекту конвекции воздушных масс. Он заключается в нагревании воздушных масс, которые поднимаются высоко в атмосферу, затем, остывают и опускаются вниз. Такое перемешивание называется конвекция



Задача 3.5 #44761 Банк ФИПИ

Вода за поршнем всасывающего насоса поднимается примерно на 10 м. Какая физическая величина определяет точное значение высоты подъёма воды?

- 1) масса воды
- 2) сила сопротивления
- 3) атмосферное давление
- 4) площадь поршня насоса

Решение

Днем ветер дует с моря к берегу, а ночью — от суши к морю благодаря эффекту конвекции воздушных масс. Он заключается в нагревании воздушных масс, которые поднимаются высоко в атмосферу, затем, остывают и опускаются вниз. Такое перемешивание называется конвекция



Задача 3.6 #70726 Банк ФИПИ

В полиэтиленовом пакете проделали небольшое отверстие, налили в пакет воды и наблюдали, как вода вытекает из отверстия. Затем пакет с водой подбросили вверх и наблюдали, что в процессе падения вода из отверстия не вытекала. Какое явление демонстрирует этот опыт?

- 1) перегрузка
- 2) невесомость
- 3) сопротивление воздуха
- 4) сопротивление воды

Решение

Этот опыт демонстрирует явление невесомости, поскольку тела движутся с одинаковым ускорением, они не действуют друг на друга и вода не вытекает



Задание №4

Задача 4.1 #83496 Банк ФИПИ

Прочитайте текст и вставьте на места пропусков слова из приведённого списка.

Наденем на пустую бутылку надутый воздушный шарик (рис. 1) и поместим бутылку под струю воды из-под крана. Шарик начинает сдуваться (рис. 2). Это свидетельствует о том, что вода имеет более (А)... температуру по сравнению с первоначальной температурой бутылки. В этом случае скорость теплового движения молекул и (Б)... воздуха внутри бутылки (В)... , и шарик уменьшается в объёме. Шарик сдувается до тех пор, пока действие на резиновую оболочку изнутри шарика не станет (Г)... действию снаружи.



Рис. 1

Рис. 2

Список слов:

- 1) высокая
- 2) низкая
- 3) равный
- 4) уменьшаться
- 5) увеличиваться
- 6) масса
- 7) давление

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Решение

Шарик сдувается, потому что воздух внутри охлаждается и сжимается. Тепло передаётся от более тёплого тела к более холодному. Если шарик сдувается, значит, воздух в бутылке теряет тепловую энергию. Следовательно, вода должна иметь более низкую температуру, чем первоначальная температура бутылки и воздуха внутри.

При охлаждении газа кинетическая энергия его молекул уменьшается. Поскольку температура уменьшается, то частицы бьются о стенки с меньшей силой и частота их ударов уменьшается, поэтому давление воздуха внутри бутылки уменьшается. Шарик перестанет сжиматься, когда давление воздуха внутри него сравняется с атмосферным давлением снаружи.

А - **низкую**;

Б - **давление**;

В - **уменьшаются**;

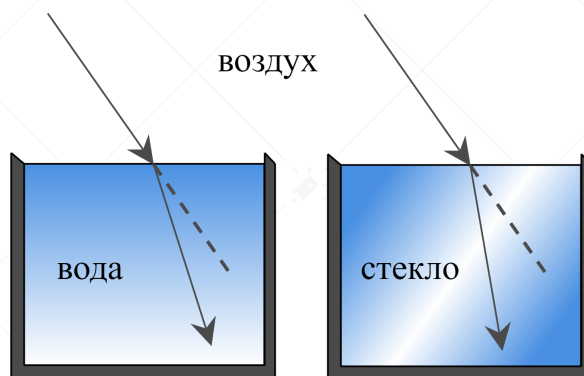
Г - **равным**.



Задача 4.2 #69768 Банк ФИПИ

Прочитайте текст и вставьте на места пропусков слова (словосочетания) из приведённого списка.

Два параллельно идущих световых луча, распространяющихся в воздухе, на границе двух разных сред (А)... (см. рисунок).



Оптическая плотность воды (Б)... плотности воздуха и (В)... оптической плотности стекла. При уменьшении угла падения углы преломления в стекле и воде (Г)...

Список слов и словосочетаний:

- 1) увеличиваются
- 2) уменьшаются
- 3) рассеиваются
- 4) преломляются
- 5) больше
- 6) меньше
- 7) равна

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Решение

При падении световых лучей на границу раздела двух сред наблюдается явление, называемое преломлением света.

Закон преломления света можно записать в следующем виде

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

где n_1 - показатель преломления среды выше границы раздела (в нашем случае воздух);

α - угол падения луча;

n_2 - показатель преломления среды ниже границы раздела (в нашем случае вода или стекло);

β - угол преломления луча;

Проведя перпендикуляр в точке падения луча и измеряя углы преломления, можно увидеть, что угол преломления в воде больше, чем в стекле. Тогда

$$n_в \sin \beta_1 = n_с \sin \beta_2, \quad (2)$$

где $n_в$ - показатель преломления воды;

β_2 - угол преломления в воде;

$n_с$ - показатель преломления стекла;



β_2 - угол преломления в стекле;

Рассмотрим отношение показателей преломления (2)

$$\frac{n_B}{n_C} = \frac{\sin\beta_2}{\sin\beta_1}.$$

Известно, что синус угла растёт в диапазоне $[0, \pi/2]$, а угол преломления как раз ограничен этим диапазоном, поэтому чем больше угол, тем больше его синус. Тогда

$$\frac{n_B}{n_C} < 1.$$

Также известно, что показатель преломления в воздухе меньше, чем в любой среде.

Рассмотрим отношение показателей преломления из (1)

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

Из рассуждения выше можно понять, что при уменьшении угла синус угла также уменьшается, поэтому чтобы отношение n_1/n_2 было постоянно, то при небольшом изменении α в какое-то количество раз, β изменяется во столько же раз.

А - преломляются;

Б - больше;

В - меньше;

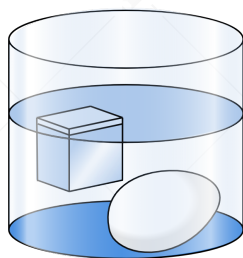
Г - уменьшаются.



Задача 4.3 #83113 Банк ФИПИ

Прочитайте текст и вставьте на места пропусков слова (словосочетания) из приведённого списка.

Сплошной кубик изо льда и сырое яйцо опустили в жидкость (см. рисунок).



На кубик и яйцо со стороны жидкости действует (А)... Для кубика выталкивающая сила (Б)... силу тяжести, а плотность кубика (В)... плотности жидкости. Для яйца сила тяжести (Г)... выталкивающей силы.

Список слов и словосочетаний:

- 1) сила тяжести
- 2) архимедова сила
- 3) атмосферное давление
- 4) больше
- 5) меньше
- 6) уравнивает
- 7) превышает

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Решение

При погружении кубика и яйца в жидкость будет действовать сила Архимеда (выталкивающая сила), которая будет выталкивать тела на поверхность жидкости. При этом если сила тяжести больше силы Архимеда, то кубик тонет, если они равны, то он плавает, при этом необязательно полностью погруженным. Сила Архимеда равна:

$$F_{\text{арх}} = \rho g V,$$

где ρ – плотность жидкости, V – объём погруженной части.

Так как в жидкости лёд плавает, то его плотность меньше плотности жидкости, а так как яйцо утонуло, то плотность яйца больше плотности жидкости.

А - архимедова сила;

Б - уравнивает;

В - меньше;

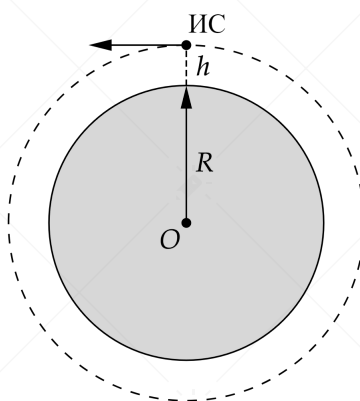
Г - больше.



Задача 4.4 #71088 Банк ФИПИ

Прочитайте текст и вставьте на места пропусков слова (словосочетания) из приведённого списка.

Искусственный спутник Земли под действием (А)... движется по круговой орбите на высоте h от поверхности Земли (см. рисунок).



Скорость спутника направлена (Б)... , а его ускорение направлено (В)... . После перехода спутника на более низкую круговую орбиту модуль его центростремительного ускорения (Г)... .
Список слов и словосочетаний:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится
- 4) к центру орбиты
- 5) по касательной к орбите
- 6) сила сопротивления
- 7) сила всемирного тяготения

Решение

Поскольку спутник движется в гравитационном поле Земли, то на него действует сила всемирного тяготения, которая вызывает движение по орбите. Поскольку спутник движется равномерно по окружности, то его скорость направлена по касательной к орбите. При равномерном движении по окружности ускорение направлено к центру окружности. Ускорение при равномерном движении по окружности равно центростремительному ускорению

$$a = \frac{v^2}{R},$$

где v - скорость спутника, R - радиус орбиты.

Так как скорость увеличивается при уменьшении радиуса, а радиус орбиты уменьшается, то центростремительное ускорение увеличивается.

А - силы всемирного тяготения;

Б - по касательной к орбите;

В - к центру орбиты;

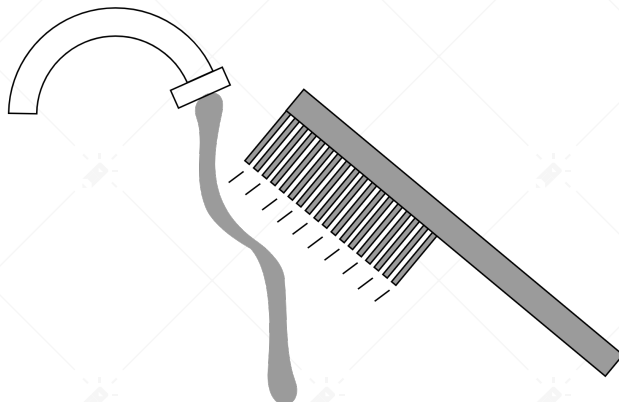
Г - увеличится.



Задача 4.5 #69717 Банк ФИПИ

Прочитайте текст и вставьте на места пропусков слова (словосочетания) из приведённого списка.

К тонкой струе воды из водопроводного крана подносят, не дотрагиваясь, отрицательно заряженную пластмассовую расчёску. Струя воды (А)... (см. рисунок).



Объясняется это явлением (Б)... . Электрические заряды в струе воды (В)... , причём на ближайшей к расчёске стороне струи накапливается (Г)... .

Список слов и словосочетаний:

- 1) магнитное взаимодействие
- 2) электризация через влияние
- 3) положительный заряд
- 4) отрицательный заряд
- 5) перераспределяться
- 6) нейтрализуются
- 7) притягивается к расчёске
- 8) отталкивается от расчёски

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Решение

Отрицательно заряженная расческа создает вокруг себя электрическое поле. Молекулы воды полярны (имеют положительный и отрицательный полюс). Под действием поля заряды в струе перераспределяются: положительные притягиваются к расческе, а отрицательные отталкиваются. В результате ближняя к расческе сторона струи становится положительно заряженной, и сила электрического притяжения между разноименными зарядами (расческа [-] и струя [+]) оказывается сильнее, чем сила отталкивания между одноименными (расческа [-] и струя [-]). Поэтому струя притягивается. То есть происходит электризация нейтрального тела посредством влияние на него другого заряженного тела.

А - притягивается к расчёске;

Б - электризация через влияние;

В - перераспределяются;

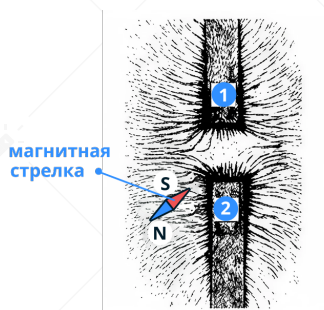
Г - положительный заряд.



Задача 4.6 #44853 Банк ФИПИ

Прочитайте текст и вставьте на место пропусков слова (словосочетания) из приведённого списка.

От двух полосовых магнитов, размещённых на поверхности деревянного стола, при помощи железных опилок получена картина линий магнитного поля (см. рисунок, вид сверху). В плоскости магнитов размещена также маленькая магнитная стрелка на подставке.



Картина магнитных линий соответствует (А)... полосовых магнитов, следовательно, полюсы 1 и 2 являются (Б)... Так как магнитная стрелка своим (В)... полюсом притянулась к области 2, то в этой области находится (Г)... полюс указанного магнита.

Список слов и словосочетаний

- 1) притяжение
- 2) отталкивание
- 3) отрицательный
- 4) положительный
- 5) одноимённый
- 6) разноимённые
- 7) северный
- 8) южный

Решение

Магнитные линии "выходят" из северного полюса и "входят" в южный. Опилки показывают направление силовых линий. Так как опилки не направлены от одного полюса к другому, то полюса отталкиваются и полюса одноименные. Стрелка же поворачивается северным полюсом к южному полюсу магнита, а южным к северному полюсу магнита, следовательно, магнит №1 – северный полюс. а магнит №2 – северный.

- А - **отталкиванию**;
 Б - **одноименными**;
 В - **южным**;
 Г - **северный**.



Задание №5

Задача 5.1 #105775 Банк ФИПИ

Полосовой магнит подносили к тонкой железной полоске, подвешенной на нити, поочередно то южным, то северным полюсом. В обоих случаях полоска притягивалась к магниту. Можно ли на основании этого опыта сделать однозначный вывод, что изначально железная полоска была намагничена?

- 1) Можно, так как все железные тела являются магнитами.
- 2) Можно, так как только намагниченные тела притягиваются друг к другу разноимёнными полюсами.
- 3) Нельзя, так как полоска могла намагнититься в поле полосового магнита и притянуться к нему.
- 4) Нельзя, так как не все металлические тела могут намагничиваться.

Решение

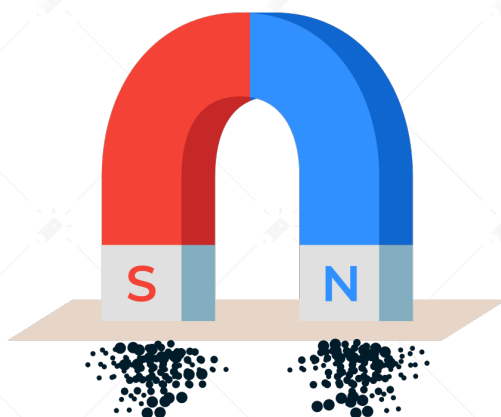
Железная полоска изначально могла быть ненамагниченной. Однако, когда к ней подносили полосовой магнит, его магнитное поле индуцировало в полоске наведённые магнитные полюса. В результате полоска притягивалась к магниту независимо от того, каким полюсом он был поднесён. Это явление называется магнитной индукцией. Таким образом, эксперимент не доказывает, что полоска была намагничена изначально.





Задача 5.2 #105771 Банк ФИПИ

Существует много способов (физических и химических) для разделения смесей. На рисунке представлен один из физических способов разделения смесей.



Можно ли с помощью магнита разделить смесь медной и железной стружек?

- 1) Можно, так как при одинаковом размере медные стружки более тяжёлые, и поэтому к магниту притянутся только железные.
- 2) Можно, так как в магнитном поле магнита только железные стружки намагнитятся и притянутся к нему.
- 3) Нельзя, так как в магнитном поле магнита все металлические стружки намагнитятся и притянутся к нему.
- 4) Нельзя ответить однозначно, так как стружки могут намагнититься по-разному.

Решение

Магнитное поле привлекает только ферромагнитные материалы, такими как железо. Медь же является немагнитным материалом, поэтому она не будет взаимодействовать с магнитом, в отличие от железных стружек, которые намагнитятся и будут притянуты к магниту.

**Задача 5.3 #105551 Банк ФИПИ**

Сплошной шарик из парафина сначала опустили в сосуд с водой, а затем – в сосуд со спиртом. Сравните выталкивающие силы, действующие на шарик со стороны воды и со стороны спирта.

- 1) Выталкивающая сила в сосуде с водой равна выталкивающей силе в сосуде со спиртом, так как в обоих случаях выталкивающая сила уравнивает одну и ту же силу тяжести, действующую на шарик.
- 2) Выталкивающая сила в сосуде со спиртом больше, так как выталкивающая сила прямо пропорциональна объёму погружённой части тела (в спирт шарик погружается полностью, тогда как в воде плавает при частичном погружении).
- 3) Выталкивающая сила в сосуде с водой больше, так как в воде шарик плавает, и выталкивающая сила уравнивает силу тяжести, действующую на шарик, а в спирте шарик тонет, т.е. выталкивающая сила меньше силы тяжести.
- 4) Выталкивающая сила в сосуде с водой больше, так как выталкивающая сила прямо пропорциональна плотности жидкости (плотность воды больше плотности спирта).

Решение

Согласно закону Архимеда, выталкивающая сила равна

$$F_A = \rho_{ж} g V_{п},$$

где $\rho_{ж}$ - плотность жидкости, $V_{п}$ - объём тела, погруженной в жидкость.

Из справочных данных

$\rho_{п} = 900 \text{ кг/м}^3$ – плотность парафина;

$\rho_{с} = 800 \text{ кг/м}^3$ – плотность спирта;

$\rho_{в} = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды.

Т.к. в случае спирта плотность жидкости меньше плотности тела, то шарик тонет в спирте. А в воды тело плавает за счёт того, что плотность воды больше плотности парафина. Запишем второй закон Ньютона

$$m\vec{g} + \vec{F}_A = m\vec{a}.$$

Спроецируем на вертикальную ось для случая с водой

$$mg = F_A.$$

Спроецируем на вертикальную ось для случая со спиртом

$$mg > F_A.$$

Тогда выталкивающая сила в сосуде с водой больше, так как в воде шарик плавает, и выталкивающая сила уравнивает силу тяжести, действующую на шарик, а в спирте шарик тонет, т.е. выталкивающая сила меньше силы тяжести.



Задача 5.4 #105786 Банк ФИПИ

Каким пятном (тёмным или светлым) ночью на неосвещённой дороге кажется водителю лужа в свете фар его автомобиля?

- 1) Тёмным. Вода в луже полностью поглощает падающий на неё свет фар, поэтому и выглядит как тёмное пятно.
- 2) Тёмным. Свет фар зеркально отражается от гладкой поверхности лужи по направлению от водителя и не попадает к нему в глаза.
- 3) Светлым. На шероховатой поверхности дороги свет от фар рассеивается и подсвечивает лужу.
- 4) Свет от фар в равной степени попадает как на поверхность асфальта, так и на поверхность лужи, поэтому лужи неразличимы в отсутствие фонарей.

Решение

Лужа обладает гладкой поверхностью, поэтому отражает свет зеркально.

Асфальт — шероховатая поверхность, он рассеивает свет во всех направлениях, включая глаза водителя.

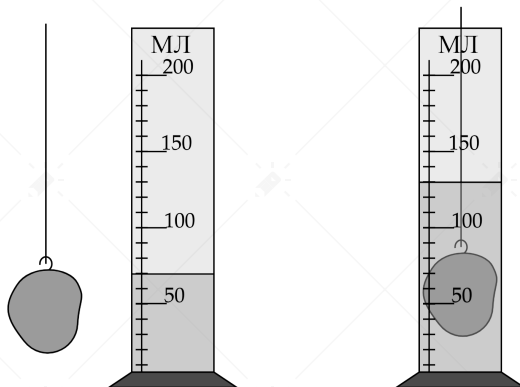
Из-за зеркального отражения свет фар уходит в сторону (по закону отражения угол падения = углу отражения), а не в глаза водителю, поэтому лужа выглядит тёмной по сравнению с окружающей дорогой.



Задание №6

Задача 6.1 #71134 Банк ФИПИ

Объём сплошного тела из мрамора измерили с помощью мензурки (см. рисунок). Чему равна масса тела? Ответ дайте в граммах.



Решение

Масса тела рассчитывается по формуле $m = \rho V$

Объём тела равен разности объёмов жидкости $V = 130 - 70 = 60$ мл

Плотность мрамора равна 2700 кг/м³.

Тогда масса равна $m = 2700 \cdot 60 \cdot 10^{-6} = 0,162$ кг = 162 г



Задача 6.2 #71126 Банк ФИПИ

Радиус окружности, по которой движется тело, увеличили в 2 раза, линейную скорость тела тоже увеличили в 2 раза. Во сколько раз увеличилось центростремительное ускорение тела?

Решение

Центростремительное ускорение рассчитывается по формуле

$$a = \frac{v^2}{R}$$

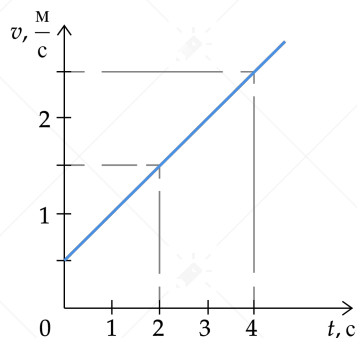
Если увеличить радиус и линейную скорость в 2 раза, получим

$$a = \frac{4v^2}{2R} = \frac{2v^2}{R}$$

То есть центростремительное ускорение увеличилось в 2 раза

**Задача 6.3 #71226 Банк ФИПИ**

На рисунке представлен график зависимости скорости тела от времени. Во сколько раз увеличится модуль импульса тела за первую секунду?

**Решение**

Импульс тела массой m вычисляется по формуле

$$p = mv,$$

где v - скорость тела.

В начальный момент времени импульс тела равен $p_1 = m \cdot v_1 = m \cdot 0,5 = 0,5m$

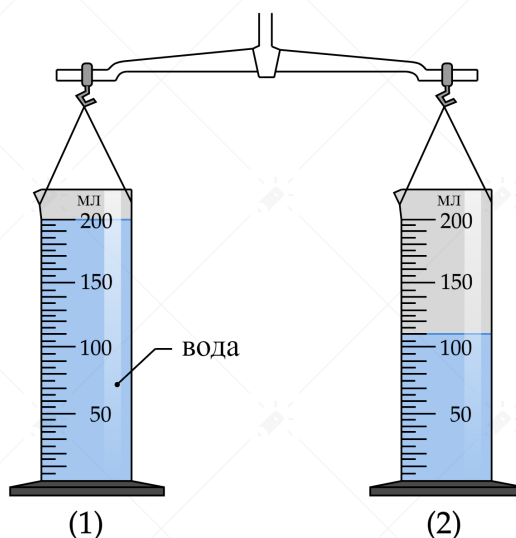
В момент времени 1 с скорость тела равна 1 м/с, а импульс равен $p_2 = mv_2 = m \cdot 1 = 1m$

Найдем отношение

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{1m}{0,5m} = 2.$$

**Задача 6.4 #80171 Банк ФИПИ**

Две одинаковые мензурки с разными жидкостями уравновешены на рычажных весах. В первой мензурке находится вода. Определите плотность жидкости во второй мензурке. Ответ округлите до десятых и дайте в г/см³.

**Решение**

Так как мензурки уравновешены на весах, значит массы их жидкостей равны. Массу мы можем найти по формуле:

$$m = \rho \cdot V$$

где ρ - плотность жидкости, V - объем жидкости

Мы сделали вывод о том, что $m_1 = m_2$, m_1 , m_2 - массы воды и второй жидкости, соответственно. Следовательно:

$$\rho_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot V_2$$

где ρ_1 - плотность воды, ρ_2 - плотность второй жидкости. Из рисунка видно, что $V_1 = 200$ мл., а $V_2 = 110$ мл.

Выразим ρ_2 :

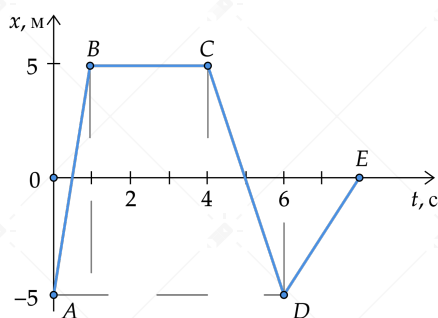
$$\rho_2 = \frac{\rho_1 \cdot V_1}{V_2}$$

Подставив известные нам значения, получим:

$$\rho_2 = \frac{1000 \cdot 200}{110} = 1818,2 \text{ кг/м}^3 = 1,8 \text{ г/см}^3$$

**Задача 6.5 #75909 Банк ФИПИ**

На рисунке представлен график зависимости координаты от времени для тела, движущегося вдоль оси Ox . Чему равен модуль перемещения тела за время от 0 до 4 с? Ответ дайте в метрах.

**Решение**

Перемещение это разность между конечной и начальной координатой.

$$S = x - x_0$$

Значит, перемещение равно:

$$S = 5 - (-5) = 10 \text{ м}$$



Задание №7

Задача 7.1 #83219 Банк ФИПИ

Груз на пружине, совершающий свободные колебания, проходит от крайнего нижнего положения до положения равновесия за 0,5 с. Чему равен период колебания груза? Ответ дайте в с.

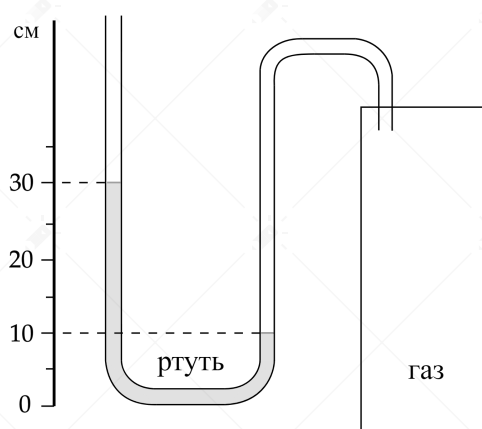
Решение

Переход тела от крайнего нижнего положения до положения равновесия это четверть периода, значит, период равен $T = 2$ с.



Задача 7.2 #82601 Банк ФИПИ

Одно из колен U-образного манометра соединили с сосудом, наполненным газом (см. рисунок). Чему равно давление газа в сосуде, если атмосферное давление составляет 760 мм рт. ст.? Ответ дайте в мм. рт. ст. (В качестве жидкости в манометре используется ртуть.)



Решение

Давление столба жидкости равно

$$p = \rho gh,$$

где ρ - плотность жидкости, h - высота столба жидкости.

В сообщающихся сосудах жидкость устанавливается таким образом, чтобы в любой горизонтальной плоскости давление внутри жидкости оставалось неизменным.

Проведем горизонтальную линию через показание в 10 см. Тогда условие равновесие имеет следующий вид

$$\rho_{\text{рт}} g h_{\text{рт}} + p_0 = p_1,$$

где $h_{\text{рт}} = 30 - 10 = 20$ см;

p_0 - атмосферное давление;

p_1 - давление газа в сосуде.

Т.к. ответ требуется в мм.рт.ст, то имеем следующее равенство

$$h_2 + h_0 = h_1,$$

где $h_2 = 20 \cdot 10 = 200$ мм.рт.ст;

h_0 - атмосферное давление в мм.рт.ст;

h_1 - давление газа в сосуде в мм.рт.ст.

Тогда

$$h_1 = 200 + 760 = 960 \text{ мм.рт.ст.}$$

Как перевести Па в мм.рт.ст

Пусть дано давление p' в Па. Для того, чтобы перевести его в мм.рт.ст. требуется рассмотреть следующее равенство

$$p' = \rho_{\text{рт}} g h',$$

где $\rho_{\text{рт}}$ - плотность ртути;

h' - высота ртути в СИ.



Тогда значение p' в мм.рт.ст. вычисляется следующим образом

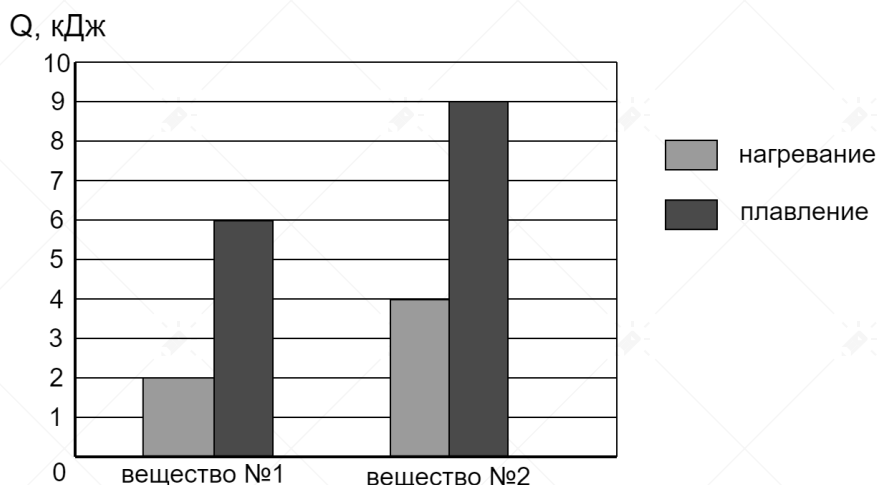
$$h' = \frac{p'}{\rho_{\text{рт}g}} \cdot 1000.$$



Задание №8

Задача 8.1 #80462 Банк ФИПИ

На диаграмме для двух веществ приведены значения количества теплоты, необходимого для нагревания 1 кг вещества на 10°C и для плавления 100 г вещества, нагретого до температуры плавления. Ответ дайте в $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.



Чему равна удельная теплота плавления второго вещества?

Решение

Тепло, которое израсходовалось при плавлении тела, можно найти по формуле:

$$Q = \lambda m$$

где m - масса тела, λ - удельная теплота плавления.

Выразим удельную теплоту плавления:

$$\lambda = \frac{Q}{m}$$

По графику можно узнать количество теплоты - $9 \cdot 10^3$ Дж

Найдем удельную теплоту плавления:

$$\lambda = \frac{9 \cdot 10^3}{0,1} = 9 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = 90 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$



Задача 8.2 #80698 Банк ФИПИ

КПД тепловой машины равен 25%. Какую работу совершила машина, если при сгорании топлива выделилось количество теплоты, равное 4 МДж? Ответ дайте в кДж.

Решение

Распишем КПД тепловой машины:

$$\eta = \frac{A}{Q} \cdot 100\%,$$

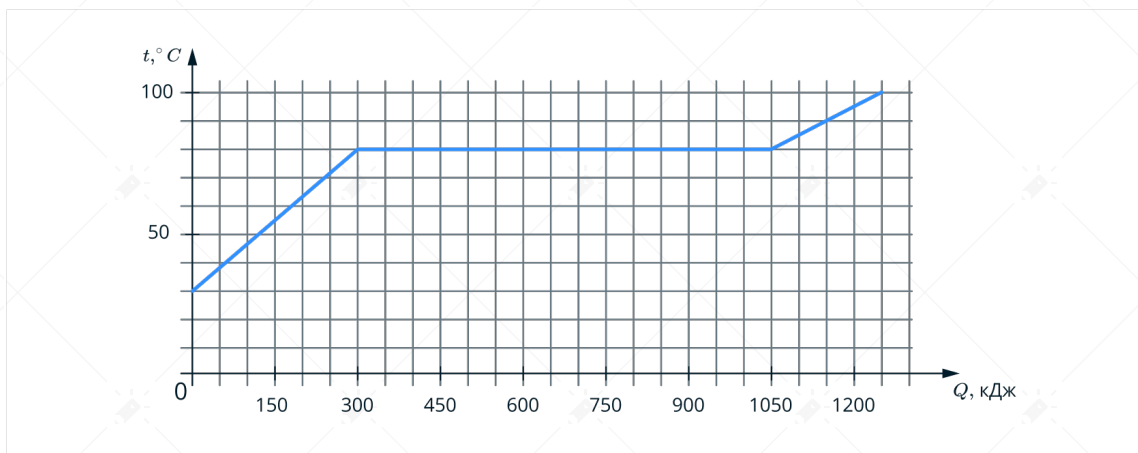
где A - полезная работа, Q - количество теплоты, выделившееся при сгорании топлива.

Выразим полезную работу:

$$A = Q \cdot \eta = 0,25 \cdot 4 \cdot 10^6 = 1 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 1000 \text{ кДж}$$

**Задача 8.3 #111683 Банк ФИПИ**

По результатам нагревания тела массой 5 кг, первоначально находившегося в кристаллическом состоянии, построен график зависимости температуры этого вещества от полученного им количества теплоты. Считая, что потерями энергии можно пренебречь, определите удельную теплоту плавления вещества. Ответ дайте в кДж/кг.

**Решение**

Первый линейный сегмент – нагревание твердого тела, второй линейный сегмент – плавление тела; третий линейный сегмент – нагревание тела в жидком состоянии.

Количество теплоты, которое нужно, чтобы расплавить тело массой m вычисляется по формуле:

$$Q = \lambda m$$

где λ -удельная теплота плавления

Из графика видно, что количество теплоты, полученное веществом при плавлении равно $1050-300=750$ кДж. Тогда $\lambda = \frac{750\text{кДж}}{5\text{кг}} = 150$ кДж/кг



Задача 8.4 #83728 Банк ФИПИ

На сколько градусов охладится стальная деталь массой 10 кг, если отданное ею количество теплоты равно 1 МДж? Удельная теплоемкость стали $500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$. Ответ дайте в градусах.

Решение

Количество теплоты, которое отдаст тело при остывании:

$$Q = cm\Delta t$$

где c - удельная теплоёмкость стали, m - масса детали, Δt - изменение температуры.
Выразим изменение температуры:

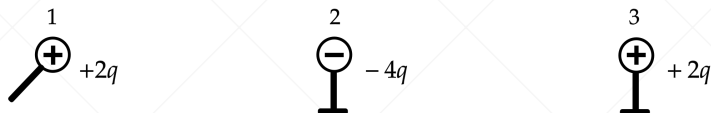
$$\Delta t = \frac{Q}{cm} = \frac{10^6}{500 \cdot 10} = 200^\circ\text{C}$$



Задание №9

Задача 9.1 #78124 Банк ФИПИ

Металлический шарик 1, имеющий заряд $+2q$, приводят поочерёдно в соприкосновение с двумя такими же шариками: 2 и 3, имеющими заряды соответственно $-4q$ и $+2q$. Все шары укреплены на изолирующих подставках (см. рисунок).



Во сколько раз в результате уменьшился модуль заряда на шарике 3?

Решение

Так как шарики одинаковые, то после соприкосновения заряды шариков будут равны и при этом они равны среднему арифметическому заряду:

То есть, при первом соприкосновении заряд на шарике 1 равен:

$$q' = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{-4q + 2q}{2} = -1q$$

После соприкосновения с шариком 3:

$$q'' = \frac{q' + q_3}{2} = \frac{-1q + 2q}{2} = 0,5q$$

Т.е. заряд уменьшился в 4 раза.



Задача 9.2 #78357 Банк ФИПИ

Электрическая плита за 3 мин. работы потребляет энергию, равную 900 кДж. Сила тока, протекающего через спираль плиты, равна 5 А. Чему равно сопротивление спирали плиты? Ответ дайте в Ом.

Решение

По закону Джоуля-Ленца:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot \Delta t,$$

где I - сила тока, протекающая через спираль плиты;

R - сопротивление спирали;

Δt - время работы электрической плиты.

Тогда

$$R = \frac{Q}{I^2 \cdot \Delta t} = \frac{900 \cdot 10^3}{180 \cdot 5^2} = 200 \text{ Ом}$$



Задача 9.3 #78023 Банк ФИПИ

При силе тока 0,5 А в металлическом проводнике через его поперечное сечение происходит перенос заряда 25 Кл. Сколько времени продолжается этот процесс? Ответ дайте в с.

Решение

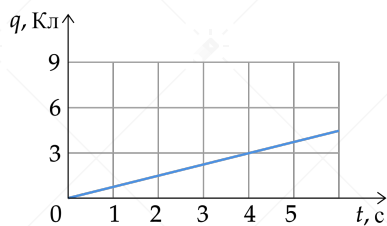
Сила тока по определению это скорость изменения заряда, проходящего через проводник.

Т.е. это отношение Δq на Δt . Тогда сила тока: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$. Значит промежуток времени равен:

$$\Delta t = \frac{\Delta q}{I} = \frac{25}{0,5} = 50 \text{ с}$$

**Задача 9.4 #47372 Банк ФИПИ**

На рисунке отображена зависимость величины заряда, проходящего через проводник, от времени. Чему равна сила тока в проводнике? Ответ дайте в А.

**Решение**

Заряд связан с силой тока формулой:

$$q = It,$$

где I – сила тока, t – время.

Тогда

$$I = \frac{q}{t} = \frac{3 \text{ Кл}}{4 \text{ с}} = 0,75 \text{ А}$$

**Задача 9.5 #105850 Банк ФИПИ**

Во сколько раз увеличится сила взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов, если величину каждого из зарядов увеличить в 4 раза, а расстояние между ними уменьшить в 2 раза?

Решение

По закону Кулона сила взаимодействия между зарядами q_1 и q_2 , находящимися на расстоянии R друг от друга, равна

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{R^2}.$$

Из условия

$$F_2 = k \frac{4|q_1|4|q_2|}{\frac{R^2}{4}}.$$

Тогда

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{k \frac{4|q_1|4|q_2|}{\frac{R^2}{4}}}{k \frac{|q_1||q_2|}{R^2}} = 64.$$





Задание №10

Задача 10.1 #69802 Банк ФИПИ

По международному соглашению, длина волны, на которой суда передают сигнал бедствия SOS, равна 600 м. Определите частоту передаваемого сигнала. Ответ дайте в кГц.

Решение

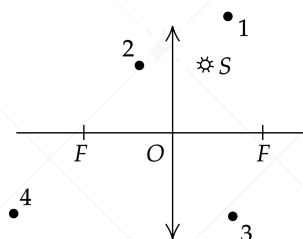
$$\lambda \cdot \nu = c$$

$$\text{Тогда } \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{600} = 500 \text{ кГц}$$



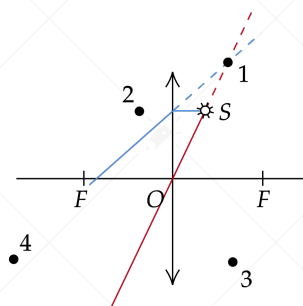
Задача 10.2 #69762 Банк ФИПИ

В какой из точек будет находиться изображение точечного источника S , создаваемое собирающей линзой с фокусным расстоянием F ?



Решение

Построим лучи от источника.

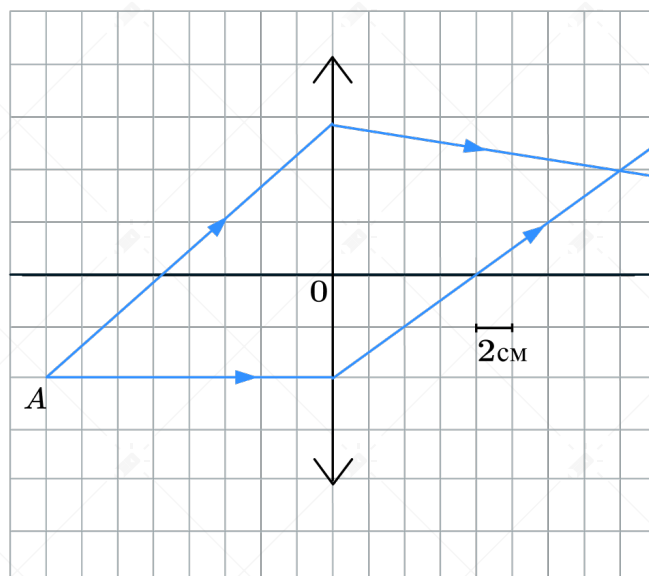


Как видим, изображением будет в точке 1. Оно будет мнимым, увеличенным, прямым.



Задача 10.3 #105865 Банк ФИПИ

На рисунке показаны оптический центр и оптическая ось собирающей линзы, а также ход двух лучей от светящейся точки A .



Определите оптическую силу линзы. Ответ дайте в дптр.

Решение

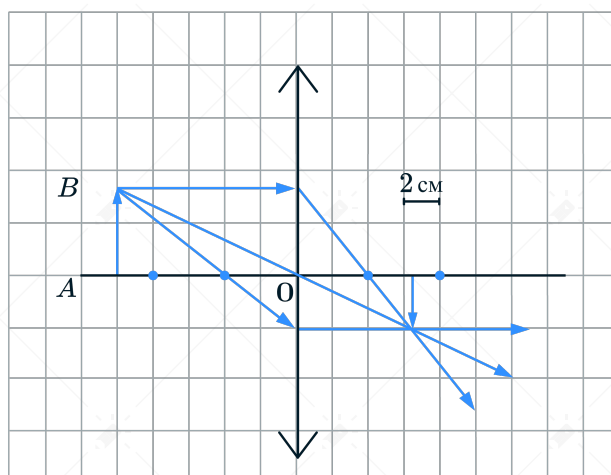
Вспомним, что делает с параллельным пучком линза - фокусирует его в фокус. Тогда посмотрим куда падает луч, идущий параллельно от точки. Этот луч фокусирует в точке с расстоянием 8 см. Это как раз и есть фокусное расстояние линзы.

Вычислим оптическую силу линзы (важно помнить, что для ее вычисления требуется перевести фокусное расстояние в СИ)

$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{0,08} = 12,5 \text{ дптр.}$$

**Задача 10.4 #105863 Банк ФИПИ**

На рисунке показаны оптический центр и оптическая ось собирающей линзы, а также дано построение изображения предмета AB в линзе. Чему равна оптическая сила линзы? Ответ дайте в дптр.

**Решение**

Вспомним, что делает с параллельным пучком линза - фокусирует его в фокус. Тогда посмотрим куда падает луч, идущий параллельно от объекта. Этот луч фокусирует в точке с расстоянием 4 см. Это как раз и есть фокусное расстояние линзы.

Вычислим оптическую силу линзы (важно помнить, что для ее вычисления требуется перевести фокусное расстояние в СИ)

$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{0,04} = 25 \text{ дптр.}$$



Задание №11

Задача 11.1 #73855 Банк ФИПИ

Сколько протонов содержит ядро изотопа кислорода ${}^{15}_8\text{O}$?

Решение

Число протонов равно зарядовому числу и равно 8.

Задача 11.2 #73877 Банк ФИПИ

Сколько электронов содержит нейтральный атом железа ${}^{56}_{26}\text{Fe}$?

Решение

Число электронов равно зарядовому числу, оно равно 26

Задача 11.3 #73857 Банк ФИПИ

Сколько нейтронов содержит ядро изотопа кислорода ${}^{15}_8\text{O}$?

Решение

Число нейтронов равно разности массового и зарядового числа: $15 - 8 = 7$

Задача 11.4 #73876 Банк ФИПИ

Сколько электронов содержит нейтральный атом углерода ${}^{15}_6\text{C}$?

Решение

Число электронов равно зарядовому числу, оно равно 6



Задание №12

Задача 12.1 #75914 Банк ФИПИ

В инерциальной системе отсчёта брусок скользит с ускорением вниз по наклонной плоскости. Действующие на него силы изображены на рисунке. Как изменяются по мере спуска скорость бруска и его кинетическая энергия?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Скорость бруска	Кинетическая энергия бруска

Решение

А) Поскольку тело скользит вниз его скорость направлена вниз. Ускорение тела также направлено вниз, поскольку силы действующие вдоль плоскости направлены вниз. За счет того, что скорость сонаправлена с ускорением, скорость увеличивается. Ответ – 1

Б) Т.к. скорость v увеличивается, то и кинетическая энергия ($E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2}$) увеличивается. Ответ – 1



Задача 12.2 #67861 Банк ФИПИ

Колбу с жидкостью закрыли пробкой, в которую вставили тонкую трубку.

В процессе охлаждения колбы с жидкостью наблюдали понижение уровня жидкости в трубке (см. рисунок). Как при этом изменились плотность жидкости в колбе и средняя скорость движения частиц жидкости?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Плотность жидкости	Средняя скорость теплового движения частиц жидкости

Решение

При охлаждении тела происходит уменьшение расстояния между молекулами жидкости, что приводит к уменьшению объёма жидкости.

Масса жидкости не изменяется и она равна $m = \rho \cdot V$. Значит, при уменьшении объёма, плотность жидкости увеличится таким образом, чтобы их произведение осталось неизменным.

А - 1

Скорость движения частиц зависит от температуры тела, при увеличении температуры, скорость возрастает, при уменьшении - падает. Так как у нас происходит охлаждение, то скорость частиц уменьшается. Б - 2



Задание №13

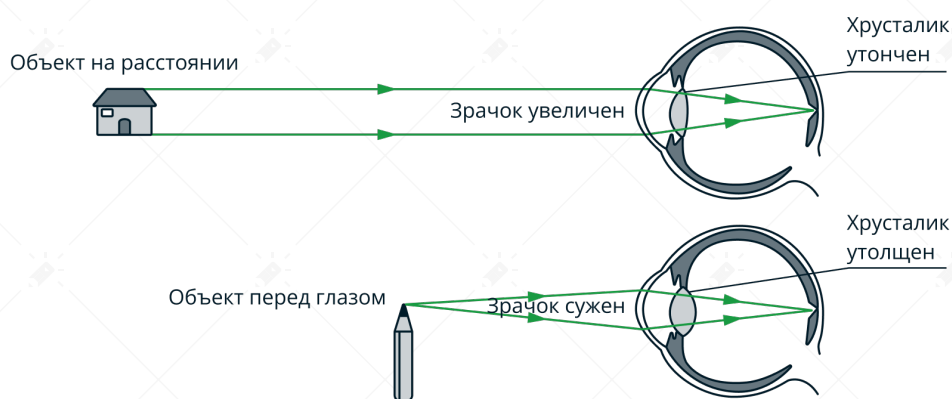
Задача 13.1 #69812 Банк ФИПИ

Человек переводит взгляд с заходящего на горизонте Солнца на собаку, сидящую у его ног. Как при этом меняются фокусное расстояние и оптическая сила хрусталика глаза человека? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Фокусное расстояние хрусталика	Оптическая сила хрусталика

Решение

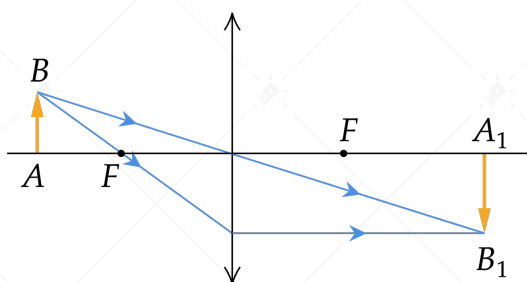


При переводе взгляда с дальних предметов, например, книги на более близкие – облака, кривизна хрусталика глаза увеличивается, так как для четкого рассмотрения далеких предметов необходимо уменьшить фокусное расстояние F . Оптическая сила хрусталика, равная $\frac{1}{F}$, соответственно увеличивается.



Задача 13.2 #49830 Банк ФИПИ

С помощью собирающей линзы получено изображение A_1B_1 предмета AB (см. рис.).



Как изменятся размер и яркость изображения, если закрыть чёрной бумагой верхнюю половину линзы? Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

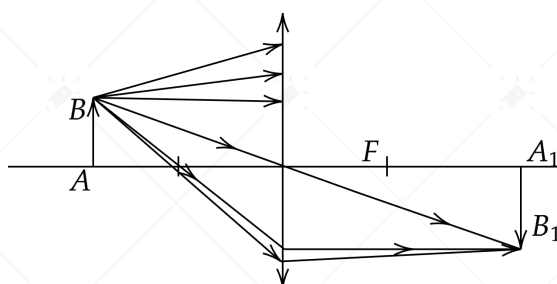
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

Размер изображения предмета	Яркость изображения

Решение

Размер изображения в линзе определяется положением предмета относительно фокуса и оптического центра. При закрытии части линзы изменяется только количество проходящего света, но не меняются оптические свойства оставшейся части. Все лучи, проходящие через открытую часть линзы, по-прежнему собираются в тех же точках изображения. Следовательно, **размер изображения предмета не изменится.**



Поэтому размер изображения не изменится.

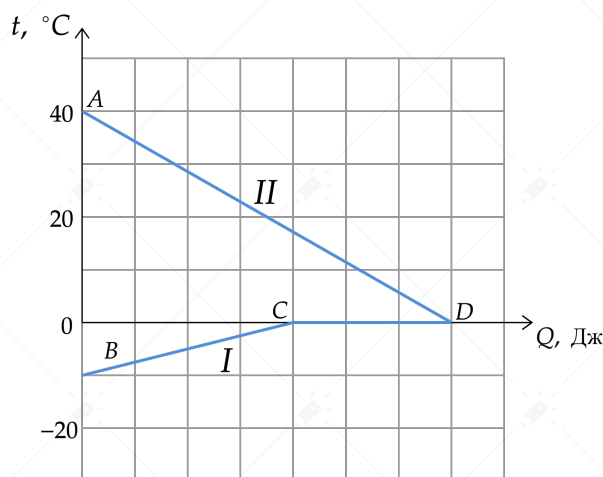
Яркость изображения зависит от количество лучей, прошедших через линзу, так как часть лучей не пройдёт через линзу, то яркость уменьшится.



Задание №14

Задача 14.1 #86362 Банк ФИПИ

На рисунке графически изображён процесс теплообмена для случая, когда в нагретую до 40°C жидкость опускают кусок льда. Потерями энергии при теплообмене можно пренебречь.



Используя данные графика, выберите из предложенного перечня два верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) Участок BC соответствует нагреванию льда.
- 2) На участке CD внутренняя энергия вещества не меняется.
- 3) Участок CD соответствует процессу плавления льда.
- 4) В точке C на графике лёд частично расплавился.
- 5) Вся энергия, выделившаяся при охлаждении воды, пошла на нагревание льда.

Решение

1) Поскольку участок BC имеет наклон в сторону возрастания температуры, то этот участок соответствует процессу нагревания льда.

Утверждение 1 - **Верно**

2) Участок CD - плавление льда, то есть вещество переходит из одного состояния в другое, значит внутренняя энергия меняется.

Утверждение 2 - **Неверно**

3) Да, см. пункт 2.

Утверждение 3 - **Верно**

4) Нет, точка C - начало плавления льда, значит лёд еще не успел расплавиться.

Утверждение 4 - **Неверно**

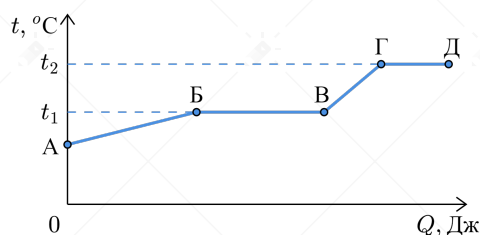
5) Нет, энергия, выделявшаяся при охлаждении воды, пошла на нагрев и плавление льда.

Утверждение 5 - **Неверно**



Задача 14.2 #105828 Банк ФИПИ

На рисунке представлен график зависимости температуры t некоторого вещества от полученного количества теплоты Q . Первоначально вещество находилось в твёрдом состоянии.



Используя данные графика, выберите из предложенного перечня два верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) Удельная теплоёмкость вещества в твёрдом состоянии равна удельной теплоёмкости вещества в жидком состоянии.
- 2) Температура плавления вещества равна t_2 .
- 3) В точке В вещество находится в жидком состоянии.
- 4) В процессе перехода из состояния Б в состояние В внутренняя энергия вещества увеличивается.
- 5) Участок графика БВ соответствует процессу кипения вещества.

Решение

Линейные участки графика описывают следующие процессы: АБ – нагревание твердого вещества; БВ – плавление твердого вещества; ВГ – нагревание жидкого вещества; ГД – кипение жидкого вещества.

- 1) Количество теплоты равно:

$$Q = cm\Delta T,$$

где c – удельная теплоёмкость, m – масса тела, ΔT – изменение температуры.

Отсюда удельная теплоёмкость

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

То есть чем быстрее нагревается тело, тем меньше теплоёмкость. Отсюда следует, что удельная теплоемкость вещества в твердом состоянии выше удельной теплоемкости вещества в жидком состоянии.

Утверждение 1 – Неверно

2) ГД – кипение жидкого вещества, значит, t_2 – температура кипения жидкости.

Утверждение 2 – Неверно

3) Да, точка В это конечная точка процесса плавления.

Утверждение 3 – Верно

4) В процессе плавления БВ вещество поглощает тепло, следовательно, его внутренняя энергия увеличивается.

Утверждение 4 – Верно

5) Нет, см. рассуждения выше.

Утверждение 5 – Неверно



Задание №15

Задача 15.1 #84352 Банк ФИПИ, Проект демоверсии 2026

Запишите результат измерения атмосферного давления с помощью барометра-анероида (см.рисунок), учитывая, что погрешность измерения равна цене деления



- 1) (750 ± 5) мм рт. ст.
- 2) (755 ± 1) мм рт. ст.
- 3) (107 ± 1) Па
- 4) $(100,7 \pm 0,1)$ Па

Решение

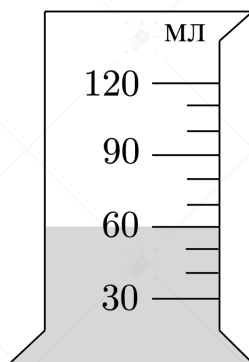
Смотрим на нижнюю шкалу, так как верхняя проградуирована в кПа, а в вариантах ответов у нас нет кПа. Результат измерения - 755 мм. рт. ст.. Цена деления - 1 мм.рт.ст. Учитывая, что погрешность измерения равна цене деления, получаем

$$p = (755 \pm 1) \text{ мм.рт.ст.}$$



Задача 15.2 #84311 Банк ФИПИ

В мензурку налита вода (см. рисунок). Укажите значение объёма воды, учитывая, что погрешность измерения равна половине цены деления шкалы прибора.



- 1) 60 мл
- 2) (60 ± 15) мл
- 3) (60 ± 5) мл
- 4) (70 ± 15) мл

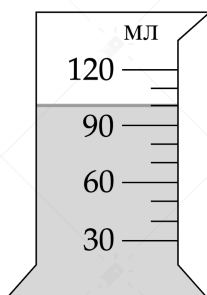
Решение

Объём воды в мензурке равен 60 мл. Цена деления равна $-\frac{60 - 30}{3} = 10$ мл, тогда погрешность равна 5 мл



Задача 15.3 #84301 Банк ФИПИ

В мензурку налита вода (см. рисунок). Укажите значение объёма воды, учитывая, что погрешность измерения равна цене деления шкалы прибора.



- 1) 90 мл
- 2) (90 ± 15) мл
- 3) (100 ± 10) мл
- 4) (100 ± 15) мл

Решение

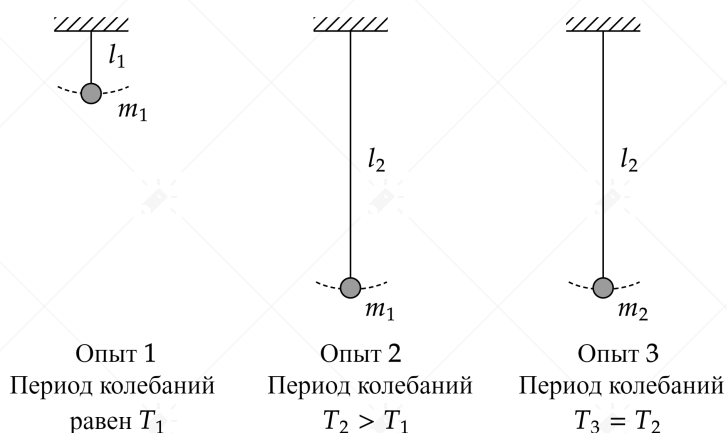
Значение объёма воды - 100 мл. Так как цена деления равна $\frac{120 - 90}{3} = 10$ мл.



Задание №16

Задача 16.1 #83105 Банк ФИПИ

Ученик провёл измерения периода колебаний физического маятника для трёх случаев. Результаты опытов изображены на рисунке.



Выберите из предложенного перечня два утверждения, которые соответствуют результатам проведённых измерений. Укажите их номера.

- 1) Период колебаний маятника зависит от длины нити.
- 2) При увеличении длины нити в 4 раза период колебаний увеличивается в 2 раза.
- 3) Период колебаний маятника на Луне будет меньше, чем на Земле.
- 4) Период колебаний маятника зависит от географической широты местности.
- 5) Период колебаний маятника не зависит от массы груза.

Решение

1) Да, для этого достаточно проанализировать первый и второй опыт: длина нити увеличилась - увеличился период.

Утверждение 1 - **Верно**

2) Поскольку неизвестны соотношения между длинами нитей, то такого вывода сделать нельзя.

Утверждение 2 - **Неверно**

3) Мы не можем проанализировать это из данных опытов, поскольку неизвестно, где проводились эксперименты.

Утверждение 3 - **Неверно**

4) Мы не можем проанализировать это из данных опытов, поскольку неизвестно, где проводились эксперименты.

Утверждение 4 - **Неверно**

5) Да, для этого можно проанализировать два последних опыта: длина нити одна и та же, массы разные, периоды одинаковые. Значит период не зависит от массы груза.

Утверждение 5 - **Верно**

**Задача 16.2 #41452 Банк ФИПИ**

Ученик провёл эксперимент по изучению силы упругости, возникающей при подвешивании грузов разной массы к резиновым шнурам разных длины и толщины.

Результаты экспериментальных прямых измерений массы груза m , диаметра поперечного сечения шнура d , его первоначальной длины l_0 и удлинения $(l - l_0)$, а также косвенные измерения коэффициента жесткости k представлены в таблице:

опыта	m , кг	d , мм	l_0 , см	$(l - l_0)$ см	k , Н/м
1	0,5	3	50	5,0	100
2	0,5	5	100	3,6	140
3	0,5	3	100	10,0	50
4	1,0	3	50	10,0	100

Из предложенного перечня выберите два утверждения, соответствующих проведённым опытам. Укажите их номера.

- 1) При увеличении длины шнура его жёсткость увеличивается.
- 2) При увеличении толщины шнура его жёсткость увеличивается.
- 3) Удлинение шнура не зависит от его первоначальной длины.
- 4) Жёсткость шнура не зависит от массы подвешиваемого груза.
- 5) Удлинение шнура зависит от упругих свойств материала, из которого изготовлен исследуемый образец.

Решение

1) При увеличении длины шнура его жесткость увеличивается. Для изучения зависимости жесткости от длины шнура необходимо выбрать те опыты, в которых все прочие начальные параметры (масса груза и диаметр поперечного сечения шнура), кроме длины шнура, одинаковы. Далее необходимо сравнить полученные значения жесткости в данных опытах. Для этого подходят опыты с номерами 1 и 3. Из таблицы мы видим, что при увеличении длины шнура, жесткость уменьшилась. Утверждение не соответствует результатам измерений.

Утверждение 1 – **Неверно**

2) При увеличении толщины шнура его жёсткость увеличивается. Для изучения зависимости жесткости от толщины шнура необходимо выбрать те опыты, в которых все прочие начальные параметры (масса груза и длина шнура), кроме толщины шнура, одинаковы. Далее необходимо сравнить полученные значения жесткости в данных опытах. Для этого подходят опыты с номерами 2 и 3. Из таблицы мы видим, что при увеличении толщины шнура, жесткость увеличилась. Следовательно, утверждение соответствует результатам измерений.

Утверждение 2 – **Верно**

3) Удлинение шнура не зависит от его первоначальной длины. Необходимо рассмотреть опыты с одинаковой массой груза, одинаковой толщиной шнура, но разной длиной шнура (опыты 1 и 3). Мы видим, что удлинение изменилось при изменении первоначальной длины шнура. Утверждение не соответствует результатам измерений.

Утверждение 3 – **Неверно**

4) Жёсткость шнура не зависит от массы подвешиваемого груза. Необходимо рассмотреть опыты, отличающиеся только массой груза при одинаковых длине и толщине шнура (опыты 1 и 4). Значение жесткости, полученное в этих опытах одинаково, следовательно, жесткость



шнура не зависит от массы груза. Утверждение соответствует результатам измерений.

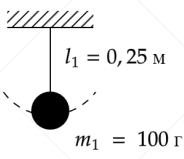
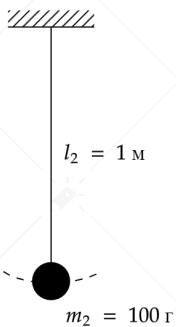
Утверждение 4 – Верно

5) Удлинение шнура зависит от упругих свойств материала, из которого изготовлен исследуемый образец. Данное утверждение невозможно проверить результатами данных измерений, так как для его проверки необходимо было бы провести опыт с двумя шнурами из разного материала, но одинаковой длиной, толщиной и массой подвешиваемого груза. Такой пары опытов в приведенных нет. Поэтому данное утверждение не соответствует результатам измерений.

Утверждение 5 – Неверно

**Задача 16.3 #57944 Банк ФИПИ**

Ученик провёл измерения периода колебаний физического маятника для двух случаев. Результаты опытов представлены на рисунке.

 <p>$l_1 = 0,25 \text{ м}$ $m_1 = 100 \text{ г}$</p>	 <p>$l_2 = 1 \text{ м}$ $m_2 = 100 \text{ г}$</p>
<p>Опыт 1 $T_1 = 1 \text{ с}$</p>	<p>Опыт 2 $T_2 = 2 \text{ с}$</p>

Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведённых экспериментальных наблюдений. Запишите в ответе их номера.

- 1) Период колебаний маятника зависит от длины нити.
- 2) При увеличении длины нити в 4 раза период колебаний увеличивается в 2 раза.
- 3) Период колебаний маятника на Луне будет меньше, чем на Земле.
- 4) Период колебаний маятника зависит от географической широты местности.
- 5) Период колебаний маятника не зависит от массы груза.

Решение

1) Да, как видно из рисунка в первом и втором опытах массы грузов одинаковые, а длины нити разные. Утверждение 1 – **Верно**

2) Да, длину нити в наших опытах увеличили в 4 раза, а период колебаний увеличился в 2 раза. Утверждение 2 – **Верно**

3) Нет, из проведенных экспериментальных наблюдений мы не можем это утверждать, поскольку неизвестно на какой планете проводились эксперименты.

Утверждение 3 – **Неверно**

4) Поскольку нет информации о месте проведения двух опытов, нельзя сделать такого вывода.

Утверждение 4 – **Неверно**

5) Поскольку в обоих экспериментах масса груза одинакова, то такого вывода сделать нельзя.

Утверждение 5 – **Неверно**



Задание №17

Задача 17.1 #81297 Банк ФИПИ

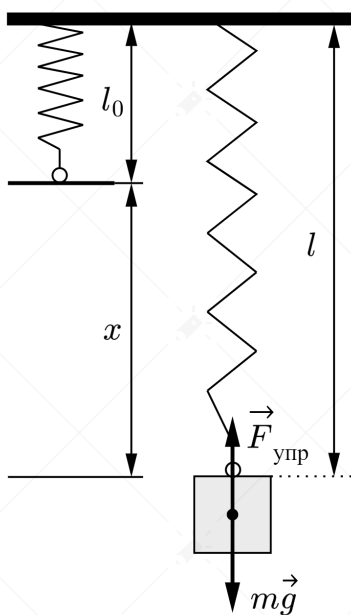
Используя штатив с держателем, пружину №1 со шкалой (или линейку), динамометр №2 и грузы №1, №2 и №3, соберите экспериментальную установку для измерения жёсткости пружины. Определите жёсткость пружины, подвесив к ней грузы. Для измерения веса грузов воспользуйтесь динамометром. Абсолютная погрешность измерения удлинения пружины составляет ± 2 мм а абсолютная погрешность измерения веса грузов равна $\pm 0,1$ Н.

В бланке ответов №2:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта жёсткости пружины;
- 3) укажите результаты измерения веса грузов и удлинения пружины с учётом абсолютных погрешностей измерений;
- 4) запишите значение жёсткости пружины.

Решение

1. Схема экспериментальной установки:



$$2. F_{\text{упр}} = mg = kx$$

3. От вас требуется измерить силу упругости динамометра, подвесив на него груз массой $m = m_1 + m_2 + m_3$. Важно отметить, что разные динамометры будут иметь разные жесткости и погрешности измерения.

Удлинение пружины можно измерить по шкале или с помощью линейки, померив сначала длину пружины без груза, а потом с грузом и взяв разность этих значений.

Измерив силу упругости и удлинение пружины, мы можем посчитать жесткость пружины по формуле: $k = \frac{F_{\text{упр}}}{x}$ Приведем примерные значения, которые вы можете получить: сила упругости - $F_{\text{упр}} = (3,0 \pm 0,1)$ Н; удлинение пружины - $x = (0,06 \pm 0,002)$ м.

4. Поэтому жесткость пружины: $k = \frac{3,0}{0,06} = 50$ Н/м.

**Задача 17.2 #81603 Банк ФИПИ**

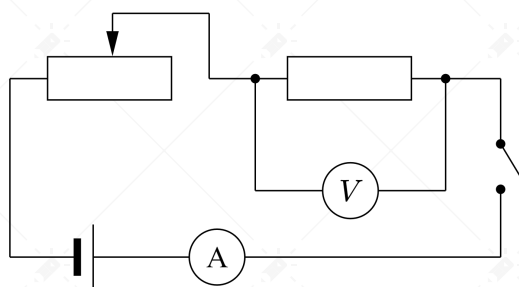
Определите электрическое сопротивление резистора R_3 . Для этого соберите экспериментальную установку, используя источник тока, вольтметр, амперметр, ключ, реостат, соединительные провода и резистор, обозначенный R_3 . При помощи реостата установите в цепи силу тока $0,5$ А. Абсолютная погрешность измерения силы тока равна $\pm 0,02$ А, абсолютная погрешность измерения напряжения равна $\pm 0,2$ В.

В бланке ответов №2:

- 1) нарисуйте электрическую схему эксперимента;
- 2) запишите формулу для расчёта электрического сопротивления;
- 3) укажите результаты измерения напряжения и силы тока с учётом абсолютных погрешностей измерений;
- 4) запишите значение электрического сопротивления.

Решение

1. Построим схему экспериментальной установки. Понятно, что для измерения силы тока на резисторе, требуется установить амперметр последовательно к резистору. Далее установим вольтметр параллельно резистору на его клеммы, для измерения напряжения. Затем, последовательно к резистору установим реостат и источник постоянного тока. Получим схему экспериментальной установки.



2. По закону Ома сопротивление равно:

$$R = \frac{U}{I}$$

где U – показания вольтметра, I – показания амперметра.

3. Показания $I = 0,50 \pm 0,02$ А; $U = (4,0 \pm 0,2)$ В.

4. $R = 8$ Ом.

**Задача 17.3 #81615 Банк ФИПИ**

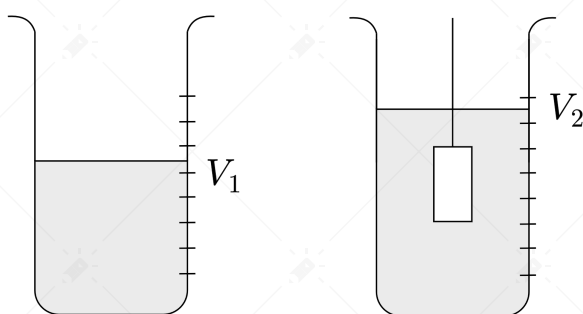
Используя весы, мензурку, стакан с водой, цилиндр №2, соберите экспериментальную установку для измерения плотности материала, из которого изготовлен цилиндр №2. Абсолютная погрешность измерения массы тела составляет $\pm 0,1$ г. Абсолютная погрешность измерения объёма тела равна ± 2 см³.

В бланке ответов №2:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки для определения объёма тела;
- 2) запишите формулу для расчёта плотности;
- 3) укажите результаты измерения массы цилиндра и его объёма с учётом абсолютных погрешностей измерений;
- 4) запишите значение плотности материала цилиндра.

Решение

1. Рисунок экспериментальной установки:



2. Плотность равна:

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

3. Измерение массы (весами)

$$m = (70,0 \pm 0,1) \text{ г}$$

Объём тела (равен разности показаний мензурки в двух случаях)

$$V = V_2 - V_1 = (25 \pm 2) \text{ мл} = (25 \pm 2) \text{ см}^3$$

4. Тогда

$$\rho = 2,8 \text{ г/см}^3 = 2800 \text{ кг/м}^3$$

**Задача 17.4 #81615 Банк ФИПИ**

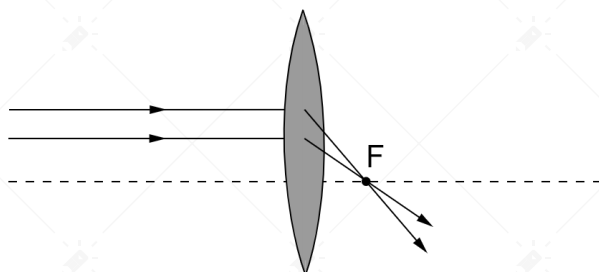
Используя собирающую линзу 1, экран, линейку, соберите экспериментальную установку для определения оптической силы линзы. В качестве источника света используйте свет от удалённого окна. Абсолютная погрешность измерения расстояния равна ± 2 мм.

В бланке ответов №2:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки, указав ход лучей в линзе;
- 2) запишите формулу для расчёта оптической силы линзы;
- 3) укажите результат измерения фокусного расстояния линзы с учётом абсолютной погрешности измерения;
- 4) запишите значение оптической силы линзы.

Решение

1. Схема экспериментальной установки (изображение удалённого источника света (окна) формируется практически в фокальной плоскости)



2. Формула оптической силы линзы:

$$D = 1/F$$

3. Измеряем линейкой фокусное расстояние на установке:

$$F = (100 \pm 2) \text{ мм} = (0,100 \pm 0,002) \text{ м}$$

4. Получаем окончательно:

$$D = \frac{1}{0,1} = 10 \text{ дптр}$$

**Задача 17.5 #81589 Банк ФИПИ**

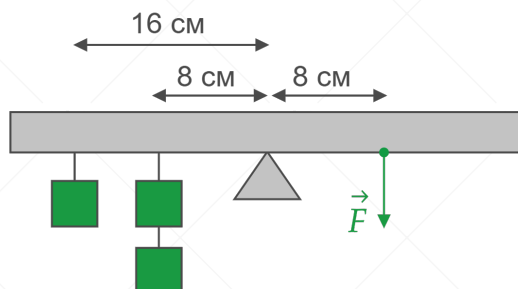
Используя рычаг, три груза, штатив и динамометр, соберите установку для исследования равновесия рычага. Три груза подвесьте слева от оси вращения рычага следующим образом: два груза на расстоянии 8 см и один груз на расстоянии 16 см от оси. Определите момент силы, которую необходимо приложить к правому концу рычага на расстоянии 8 см от оси вращения рычага для того, чтобы он оставался в равновесии в горизонтальном положении. Абсолютная погрешность измерения силы равна $\pm 0,1$ Н, абсолютная погрешность измерения расстояния равна ± 2 мм.

В бланке ответов №2:

- 1) зарисуйте схему экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта момента силы;
- 3) укажите результаты измерений приложенной силы и длины плеча с учётом абсолютных погрешностей измерений;
- 4) запишите значение момента силы.

Решение

1. Схема экспериментальной установки:



2. Запишите формулу момента силы

$$M = Fl$$

где F – сила, действующая на тело; l – плечо этой силы.

3. Запишите равенство моментов сил, действующих на рычаг, относительно оси вращения. С учетом того, в какую сторону бы эти силы поворачивали рычаг. Те, которые поворачивают по часовой в одну сторону относительно знака - которые против часовой в другую. Вам известно плечо силы, которую вам надо найти. Выразите из этого уравнения силу. Перед этим, измерив с помощью динамометра массу грузов.

$$F = (4,0 \pm 0,1) \text{ Н}$$

$$L = (0,080 \pm 0,002) \text{ м}$$

4. Найдите момент силы

$$M = F \cdot L = 4,0 \cdot 0,080 = 0,32 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

**Задача 17.6 #81290 Банк ФИПИ**

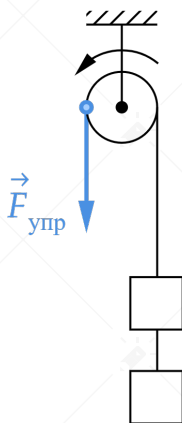
Используя штатив с держателем, неподвижный блок, нить, два груза и динамометр, соберите экспериментальную установку для измерения работы силы упругости при равномерном подъёме грузов с использованием неподвижного блока. Определите работу, совершаемую силой упругости при подъёме двух соединённых вместе грузов на высоту 15 см. Абсолютная погрешность измерения силы равна $\pm 0,1$ Н, абсолютная погрешность измерения расстояния равна $\pm 0,2$ см.

В бланке ответов №2:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта работы силы упругости;
- 3) укажите результаты прямых измерений силы упругости и пути с учётом абсолютных погрешностей измерений;
- 4) запишите значение работы силы упругости.

Решение

1. Схема экспериментальной установки:



$$2. A = F_{\text{упр}} \cdot h$$

3. От вас требуется измерить силу упругости с помощью динамометра при перемещении грузов массами m_1, m_2 на расстояние $h = 15$ см. Из того, что нить легкая и нерастяжимая, то запишем второй закон Ньютона для вертикальной оси:

$$F_{\text{упр}} = (m_1 + m_2)g$$

Приведем примерные значения, которые вы можете получить: сила упругости - $F_{\text{упр}} = (2,0 \pm 0,1)$ Н; высота подъема груза - $h = (0,150 \pm 0,002)$ м.

4. Поэтому работа сила упругости: $A = 2,0 \cdot 0,150 = 0,3$ Дж.



Задача 17.7 #81292 Банк ФИПИ

Используя динамометр 1, цилиндр № 3, сосуд с водой, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости выталкивающей силы от объёма погружённой части тела. Для этого последовательно погрузите цилиндр в воду на 1/4 часть объёма, на 1/2 часть объёма и полностью. Для каждого погружения измерьте выталкивающую силу.

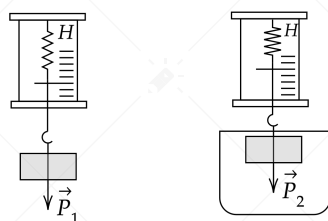
Абсолютную погрешность измерения веса цилиндра с помощью динамометра принять равной $\pm 0,02$ Н, абсолютную погрешность измерения выталкивающей силы принять равной $\pm 0,04$ Н.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки для измерения выталкивающей силы и запишите формулу для расчёта выталкивающей силы;
- 2) для каждого погружения укажите в таблице результаты измерений веса цилиндра в воздухе и веса цилиндра в воде, а также выталкивающей силы;
- 3) сформулируйте вывод о зависимости выталкивающей силы от объёма погружённой части тела.

Решение

1. Рисунок



2. Если вес тела в воздухе (показания динамометра в воздухе) $P_1 = mg$, то вес тела в воде (показания динамометра в воде) $P_2 = mg - F_{\text{выт}}$, где m – масса тела, $F_{\text{выт}}$ – выталкивающая сила. Тогда

$$F_{\text{выт}} = P_1 - P_2$$

3.

	Вес тела в воздухе, P_1 (Н)	Вес тела в воде, P_2 (Н)	Выталкивающая сила, F_A (Н)
1	$0,66 \pm 0,02$	$0,52 \pm 0,02$	$0,14 \pm 0,04$
2	$0,66 \pm 0,02$	$0,38 \pm 0,02$	$0,28 \pm 0,04$
3	$0,66 \pm 0,02$	$0,10 \pm 0,02$	$0,56 \pm 0,04$

4. Вывод: чем больше объем погруженной части тела, тем больше выталкивающая сила.

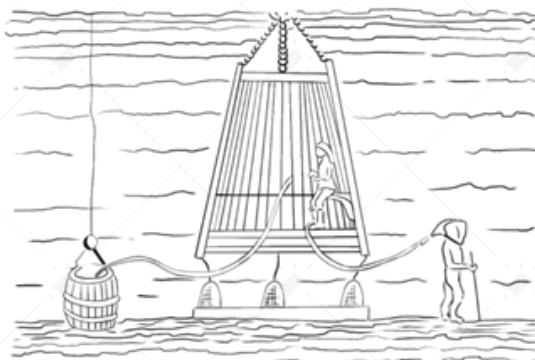


Задание №18

Исследование морских глубин

При исследовании больших глубин используют такие подводные аппараты, как батискафы и батисферы.

Батисфера представляет собой глубоководный аппарат в форме шара, который на стальном тросе опускают в воду с борта корабля.



Несколько прототипов современных батисфер появились в Европе в XVI – XIX вв. Одним из них является водолазный колокол, конструкцию которого предложил в 1716 г. английский астроном Эдмонд Галлей (см. рисунок). В деревянном колоколе, открытом у основания, размещалось до пяти человек, частично погружённых в воду. Воздух они получали из двух поочерёдно опускаемых с поверхности бочонков, откуда воздух поступал в колокол по кожаному рукаву. Надев кожаный шлем, водолаз мог проводить наблюдения и за пределами колокола, получая из него воздух через дополнительный шланг. Отработанный воздух выпускался через кран, находящийся в верхней части колокола.

Главный недостаток колокола Галлея заключается в том, что его нельзя использовать на большой глубине. По мере погружения колокола плотность воздуха в нём увеличивается настолько, что им становится невозможно дышать. Более того, при длительном пребывании водолаза в зоне повышенного давления происходит насыщение крови и тканей организма газами воздуха, главным образом азотом, что может привести к так называемой кессонной болезни.

Профилактика кессонной болезни требует соблюдения норм рабочего времени и правильной организации декомпрессии (выхода из зоны повышенного давления).

Время пребывания водолазов на глубине регламентируется специальными правилами безопасности водолазных работ (см. таблицу).



Давление (дополнительно к атмосферному), атм.	Допустимое время пребывания в рабочей зоне
0,10 – 1,3	5 ч 28 мин.
1,31 – 1,7	5 ч 06 мин.
1,71 – 2,5	4 ч 14 мин.
2,51 – 2,9	3 ч 48 мин.
2,91 – 3,2	2 ч 48 мин.
3,21 – 3,5	2 ч 26 мин.
3,51 – 3,9	1 ч 03 мин.

Задача 18.1 #87887 Банк ФИПИ

Допустима ли (согласно таблице) работа водолаза на глубине 30 метров в течение 2,5 ч? Ответ поясните.

Решение

На глубине 30 м гидростатическое давление составляет примерно $p = \rho gh = 1000 \cdot 10 \cdot 30 = 300000$ Па или 3 атм. По таблице видим, что допустимое время пребывания в рабочей зоне составляет 2 ч 48 мин, а это больше предложенного в условии времени. Значит, работа допустима.



Молния

Атмосферное электричество образуется и концентрируется в облаках — образованиях из мелких частиц воды, находящейся в жидком или твёрдом состоянии. Сухой снег представляет собой типичное сыпучее тело: при трении снежинок друг о друга и их ударах о землю снег должен электризоваться. При низких температурах во время сильных снегопадов и метелей электризация снега настолько велика, что происходят зимние грозы, наблюдается свечение остроконечных предметов, образуются шаровые молнии.

При дроблении водяных капель и кристаллов льда, при столкновениях их с ионами атмосферного воздуха крупные капли и кристаллы приобретают избыточный отрицательный заряд, а мелкие — положительный. Восходящие потоки воздуха в грозовом облаке поднимают мелкие капли и кристаллы к вершине облака, крупные капли и кристаллы падают к его основанию.

Заряженные облака наводят на земной поверхности под собой противоположный по знаку заряд. Внутри облака и между облаком и Землёй создаётся сильное электрическое поле, которое способствует ионизации воздуха и возникновению искрового разряда. Сила тока разряда составляет 20 кА и более, температура в канале искрового разряда может достигать 10 000 °С. Разряд прекращается, когда большая часть избыточных электрических разрядов нейтрализуется электрическим током, протекающим по плазменному каналу молнии.

Задача 18.2 #87759 Банк ФИПИ

Молнии могут проходить в самих облаках – внутриоблачные молнии, а могут ударять в землю – наземные молнии. В случае механизма электризации, описанного в тексте, как направлен (сверху вниз или снизу вверх) электрический ток разряда внутриоблачной молнии? Ответ поясните.

Решение

Атмосферное электричество образуется и концентрируется в облаках – образованиях из мелких частиц воды, находящейся в жидком или твёрдом состоянии. При дроблении водяных капель и кристаллов льда, при столкновениях их с ионами атмосферного воздуха крупные капли и кристаллы приобретают избыточный отрицательный заряд, а мелкие – положительный. Восходящие потоки воздуха в грозовом облаке поднимают мелкие капли и кристаллы к вершине облака, крупные капли и кристаллы опускаются к его основанию. За направление электрического тока принимается направление движения в электрическом поле, создаваемом током, свободной положительно заряженной частицы. То есть направление тока сверху вниз.





Термоэлементы

Рассмотрим цепь, составленную из проводников, изготовленных из разных металлов (см. рисунок 1). Если места спаев металлов находятся при одной температуре, то тока в цепи не наблюдается. Положение станет совершенно иным, если нагреть какой-нибудь из спаев, например спай a .

В этом случае гальванометр покажет наличие в цепи электрического тока, протекающего всё время, пока существует разность температур между спаями a и b .

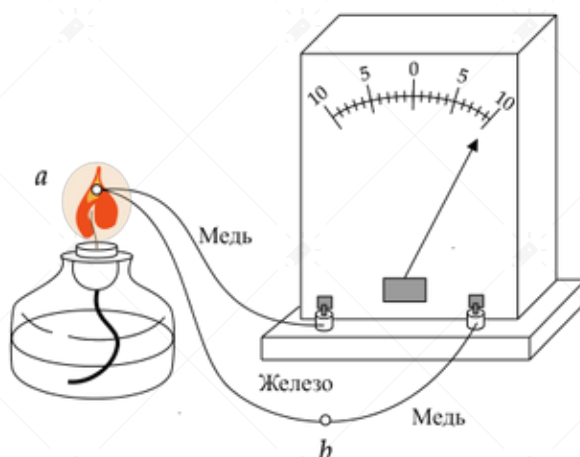


Рисунок 1. Цепь, состоящая из железного и двух медных проводников и гальванометра

Значение силы тока, протекающего в цепи, приблизительно пропорционально разности температур спаев. Направление тока зависит от того, какой из спаев находится при более высокой температуре. Если спай a не нагревать, а охлаждать (поместить, например, в сухой лёд), то ток потечёт в обратном направлении.

Описанное явление было открыто в 1821 г. немецким физиком Зеебеком и получило название термоэлектричества; комбинация проводников из разных металлов, образующих замкнутую цепь, называется термоэлементом. Важная область применения металлических термоэлементов – их использование для измерения температуры.

Задача 18.3 #105959 Банк ФИПИ

Спай a помещают в сухой лёд при температуре $-78,5^{\circ}\text{C}$, а спай b оставляют при комнатной температуре. Как изменится электрический ток в сравнении с ситуацией, рассмотренной в тексте (см. рисунок)? Ответ поясните. (Известно, что в нижней части пламени спиртовки температура примерно равна 350°C , а максимальная температура в 900°C достигается в верхней части пламени.)

Решение

1) Направление тока: Направление термоэлектрического тока зависит от разности температур спаев. Когда один из спаев находится при более высокой температуре, ток будет двигаться от горячего спая к холодному.

В первой ситуации (когда спай a был нагрет, как указано в тексте) температура T_a была выше, чем температура T_b что приводило к тому, что ток шёл от спая a (горячего) к спая b (холодному).



В текущем случае, когда спай а охлаждается до температуры $-78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а спай b остаётся при комнатной температуре, ситуация меняется: спай b оказывается горячим относительно спаю а. Таким образом, ток будет двигаться от спаю b (горячего) к спаю а (холодному).

2) Сила тока: Сила тока пропорциональна разности температур между спаями. В первой ситуации, спай а был горячим (температура порядка $350\text{ }^{\circ}\text{C}$), а спай b находился при комнатной температуре (порядка $25\text{ }^{\circ}\text{C}$), значит разность температур порядка $325\text{ }^{\circ}\text{C}$. Однако, охлаждая спай а до температуры $-78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, разность температур уменьшается ($25 - (-78,5) = 103,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Это приведёт к уменьшению разности температур между спаями, и, следовательно, сила тока в цепи уменьшится по сравнению с предыдущей ситуацией.



Опыты по изучению электрического разряда в разреженных газах

На исходе XIX в. было проведено много опытов по изучению электрического разряда в разреженных газах. Разряд возникал между отрицательным электродом (катодом) и положительным электродом (анодом), причём оба электрода запаивались внутрь стеклянной трубки (трубки У. Крукса), из которой частично откачивали газ (рисунок 1). Когда газ в трубке становился достаточно разреженным, тёмная область вокруг катода постепенно расширялась, пока не достигала противоположного конца трубки, который после этого начинал светиться. Цвет свечения катода зависел от состава стекла, из которого была изготовлена трубка.

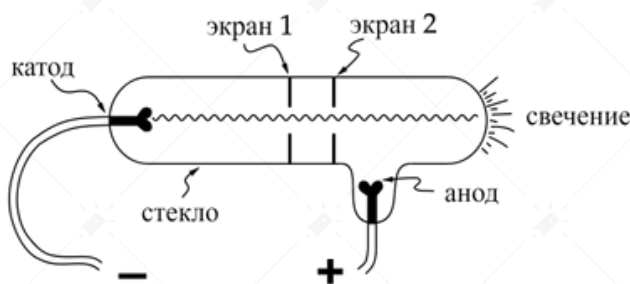


Рисунок 1. Трубка У. Крукса

В конце XIX в. считалось, что это свечение вызвано неизвестными лучами, исходящими от катода, и происходили оживлённые дискуссии о природе этих лучей (катодных лучей). В 1895 г. Ж. Перрену удалось собрать эти лучи в изолированном сосуде и доказать, что они несут отрицательный заряд. Вскоре после этого Дж. Томсон осуществил свой классический эксперимент, в котором он впервые отождествил катодные лучи с частицами, названными позднее электронами. Создавая электрическое поле между пластинами (рисунок 2), Томсон наблюдал смещение светящегося пятна на конце трубки. Проведя измерения, Томсон получил, что для частиц, составляющих катодные лучи, отношение массы к заряду (e/m) не зависит от природы газа, а его значение очень мало по сравнению с наименьшей известной величиной этого отношения (то есть для иона водорода).

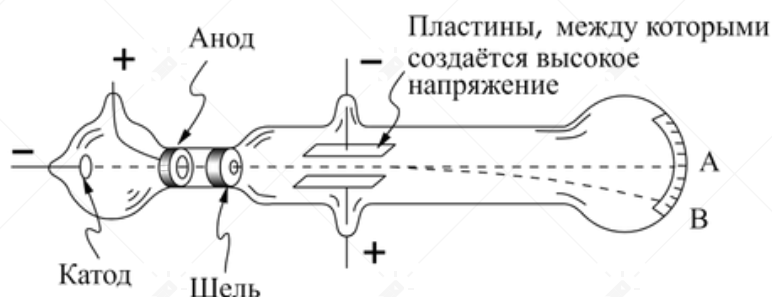


Рисунок 2. Отклонение катодных лучей в электрическом поле

В 1895 г. немецкий физик В. Рентген параллельно проводил опыты с катодными лучами. Однажды он заметил, что полоска бумаги, покрытая флуоресцирующей солью бария и лежащая в стороне от работающей трубки Крукса, светится. После долгого и напряжённого труда Рентген пришёл к выводу, что он смог открыть новый вид излучения — X-лучи (или рентгеновские), которые возникали при торможении катодных лучей (электронов) в материале мишени. X-лучи являются, так же как и свет, электромагнитным излучением, которое характеризуется малыми длинами волн и большой проникающей способностью.



Задача 18.4 #87891 Банк ФИПИ

Будут ли, и если будут, то в каком направлении, отклоняться альфа-лучи, если их пропустить вместо катодных лучей между пластинами (см. рисунок 2)? Ответ поясните.

Решение

Если вместо катодных лучей пропустить между пластинами альфа-лучи, то они тоже будут отклоняться, но в другом направлении, чем катодные лучи, и намного слабее.

Катодные лучи — это поток электронов, то есть отрицательно заряженных частиц. В опыте Томсона, когда между пластинами создаётся электрическое поле, эти электроны отклоняются в сторону положительной пластины, потому что отрицательные заряды тянутся к плюсу. Альфа-частицы — это положительно заряженные частицы (они состоят из 2 протонов и 2 нейтронов — по сути, это ядро атома гелия). Поэтому, если пропустить альфа-частицы между теми же пластинами, они будут:

- 1) отклоняться в сторону отрицательной пластины, потому что положительный заряд тянется к минусу;
- 2) отклоняться слабее, чем электроны, потому что альфа-частицы массивные и медленные по сравнению с лёгкими и быстрыми электронами.



Как ориентируются летучие мыши

Летучие мыши обычно живут огромными стаями в пещерах. Влетая и вылетая из пещеры, каждая мышь издаёт неслышимые нами звуки. Одновременно эти звуки издают тысячи мышей, но это никак не мешает им прекрасно ориентироваться в пространстве в полной темноте и летать, не сталкиваясь друг с другом.

Сегодня главный секрет ориентации летучих мышей можно считать раскрытым: они обладают поразительными по своему совершенству органами ультразвуковой локации. Оказалось, что во время полёта мышь излучает короткие сигналы на частотах примерно от 50 до 100 кГц, а затем принимает отражённые эхо-сигналы, которые приходят к ней от ближайших препятствий и пролетающих вблизи насекомых (см. рисунок 1).

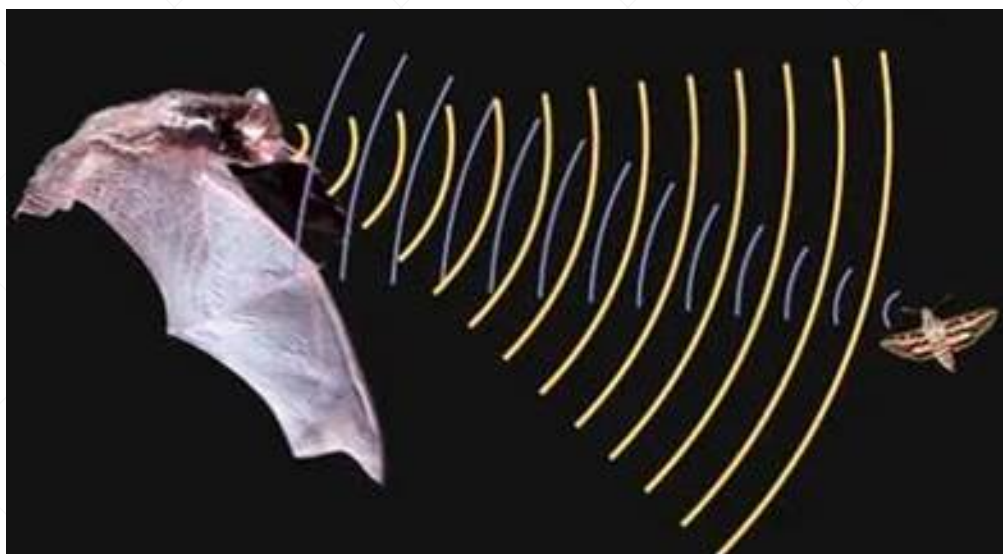


Рисунок 1

Для того, чтобы сигнал был отражён препятствием, наименьший линейный размер этого препятствия должен быть не меньше длины волны посылаемого звука. Кроме того, использование ультразвуковых сигналов связано с тем, что с уменьшением длины волны улучшается направленность излучения, а это очень важно для эхолокации.

Задача 18.5 #28684 Банк ФИПИ

Может ли летучая мышь, посылая сигнал частотой 80 кГц, обнаружить мошку размером 1 мм? Скорость звука в воздухе принять равной 320 м/с. Ответ поясните.

Решение

Для того, чтобы сигнал был препятствием отражён, наименьший линейный размер этого препятствия должен быть не меньше длины волны посылаемого звука. Длина волны равна:

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{320 \text{ м/с}}{80 \cdot 10^3 \text{ Гц}} = 4 \text{ мм}$$

Так как размер мошки меньше, чем длина волны, то летучая мышь не сможет определить мошку.



Аморфные и кристаллические тела

По своим физическим свойствам и молекулярной структуре твёрдые тела разделяются на два класса -- аморфные и кристаллические.

В кристаллических телах частицы располагаются в строгом порядке, образуя пространственные периодически повторяющиеся структуры во всем объёме тела. Для наглядного представления таких структур используются пространственные кристаллические решётки, в узлах которых располагаются центры атомов или молекул данного вещества. Часто кристаллическая решётка строится из ионов (положительно и отрицательно заряженных) атомов, которые входят в состав молекулы данного вещества. Например, решётка поваренной соли $NaCl$ содержит ионы Na^+ и Cl^- (рисунок 1).

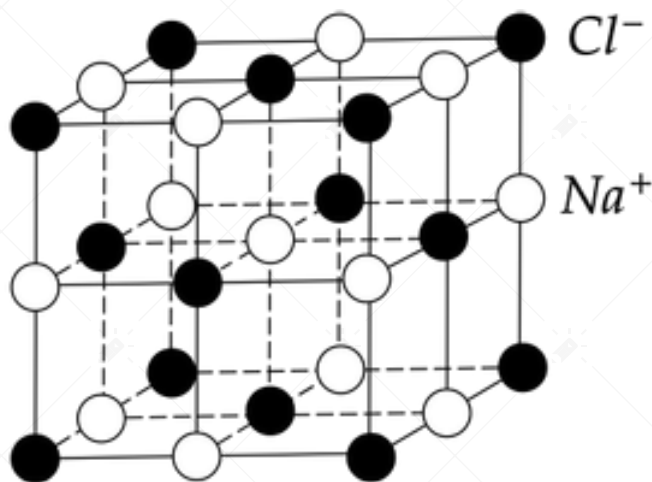


Рисунок 1

Физические свойства кристаллических тел неодинаковы в различных направлениях (это свойство кристаллов называется анизотропностью), но совпадают в параллельных направлениях. Анизотропия механических, тепловых, электрических и оптических свойств кристаллов объясняется тем, что при упорядоченном расположении атомов, молекул или ионов силы взаимодействия между ними и межатомные расстояния оказываются неодинаковыми по различным направлениям.

Характерной особенностью аморфных тел является их изотропность, т.е. независимость всех физических свойств от направления. Молекулы и атомы в изотропных твёрдых телах располагаются хаотично (см. рисунок 2).

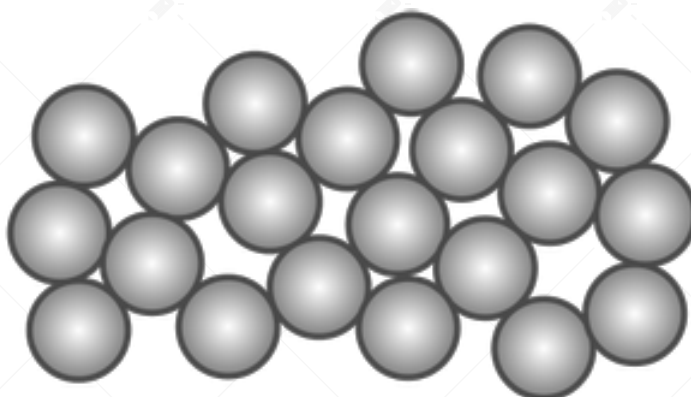


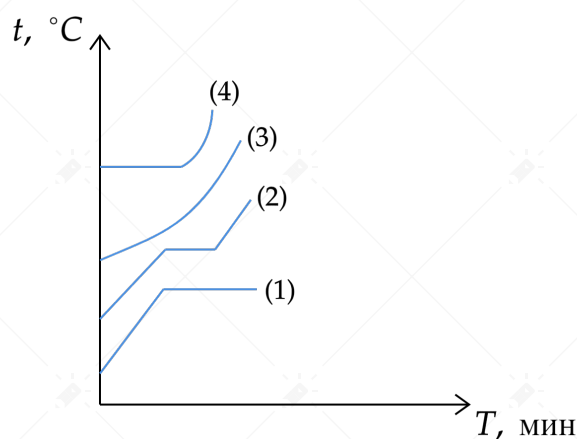


Рисунок 2

По своей структуре аморфные тела очень близки к жидкостям. Примерами аморфных тел могут служить стекло, различные затвердевшие смолы (янтарь), пластики и т.д. У аморфных тел нет определённой температуры плавления. Если аморфное тело нагревать, то оно постепенно размягчается, и переход в жидкое состояние занимает значительный интервал температур.

Задача 18.6 #87760 Банк ФИПИ

На рисунке представлены процессы нагревания с переходом в жидкое состояние для четырёх веществ, первоначально находившихся в твёрдом состоянии.



Какой график соответствует аморфному веществу? Ответ поясните.

Решение

График под номером 3 соответствует аморфному веществу.

По своей структуре аморфные тела очень близки к жидкостям. Примерами аморфных тел могут служить стекло, пластики и т. д. У аморфных тел нет определённой температуры плавления. Если аморфное тело нагревать, то оно постепенно размягчается, и переход в жидкое состояние занимает значительный интервал температур.



Исторические опыты по определению скорости света и звука

В 1607 году Галилео Галилей впервые в истории физики предпринял попытку определить скорость света с помощью следующего опыта: два наблюдателя (A и B), снабжённые закрывающимися фонарями, расходились на большое расстояние D друг от друга (рисунок 1). Наблюдатель A открывал свой фонарь, и свет через некоторый промежуток времени доходил до наблюдателя B , который в тот же момент открывал свой фонарь. Когда второй сигнал доходил обратно до наблюдателя A , тот отмечал время t , протёкшее от момента подачи им сигнала до момента его возвращения. Тогда скорость света c можно было бы рассчитать по формуле: $c = 2D/t$

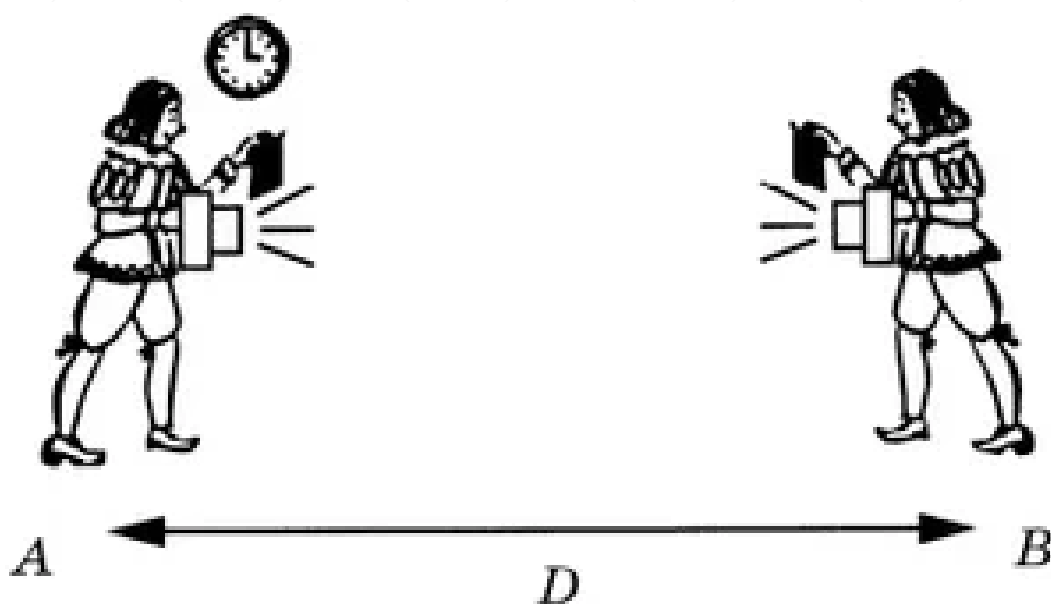


Рис. 1

Однако опыты Галилея оказались неудачными и не позволили определить скорость света. Похожая схема опыта была применена в 1630 году французским учёным М. Марсенном для определения скорости звука в воздухе. Марсенн поставил на определённом расстоянии D двух человек. Один выстрелил из мушкета (огнестрельного оружия), а другой отметил время τ , прошедшее между вспышкой от выстрела и долетевшим до него звуком. Поделив расстояние на время, Марсенн нашёл, что скорость звука v равна 230 туазам в секунду, что соответствует 448 метрам в секунду (м/с). Опыты Марсенна оказались неточными (скорость звука в воздухе на самом деле составляет примерно 330 м/с), но впервые позволили оценить порядок величины для скорости звука. В 1738 году французская Академия наук повторила опыт по измерению скорости звука. Опыт был поставлен на холме Монмартр, близ Парижа. Было установлено, что скорость звука равна 171 туазу в секунду.

В 1826 году швейцарские физики Ж. Колладон и Ш. Штурм на Женевском озере провели опыт по измерению скорости звука в воде. Экспериментаторы разъехались на лодках на расстояние $D = 14$ км друг от друга. На одной лодке производилась вспышка пороха, и одновременно молоток ударял по колоколу, опущенному в воду. На другой лодке измерялось время между вспышкой от пороха и появлением звука в слуховом рупоре, также опущенном в воду (рис. 2). Для скорости звука в воде было получено значение, равное 1440 м/с.



Задача 18.7 #28681 Банк ФИПИ

Измерения какой физической величины, расстояния или времени, обрекли опыты Галилея на неудачу? Ответ поясните.

Решение

Когда наблюдатель А открывал свой фонарь, и свет через некоторый промежуток времени доходил до наблюдателя В, который в тот же момент открывал свой фонарь. Когда второй сигнал доходил обратно до наблюдателя А, тот отмечал время τ , протёкшее от момента подачи им сигнала до момента его возвращения. Тогда скорость света c можно было бы рассчитать по формуле: $c = 2D/\tau$. В этом заключался опыт Галлилея.

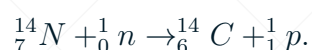
Так как скорость света была очень велика, расстояния в пределах видимости малы, чтобы можно было измерить скорость света, а время выдвигания заглушки фонаря велико по сравнению со временем распространения света, то возникают большие неточности в измерении времени.



Радиоуглеродный анализ

Каким образом ученые определяют возраст археологических находок? Существуют различные методы, один из которых – метод радиоуглеродного анализа, когда возраст материалов определяется с помощью измерения содержания в них радиоактивного изотопа углерода $C - 14$.

В атмосфере присутствуют три изотопа углерода: стабильные $C-12$ (около 98,89 %) и $C-13$ (около 1,11 %), а также микроскопическое количество радиоактивного изотопа $C-14$ (0,0000000001 %). Изотоп $C - 14$ образуется в процессе бомбардировки земной атмосферы космическими лучами в результате следующей реакции:



В организмах всех живых существ соотношение изотопов $C - 12$, $C - 13$ и $C - 14$ равно атмосферному соотношению этих изотопов и поддерживается скоростью их метаболизма. После того как организм умирает, прекращается обмен углеродом с внешней средой. Содержание изотопа углерода $C - 14$ в организме начинает уменьшаться в результате радиоактивного распада:



Период полураспада изотопа $C - 14$ составляет примерно 5730 лет. Это означает, что через 5730 лет в образце остаётся половина от первоначального количества $C - 14$.

Задача 18.8 #105961 Банк ФИПИ

Масса радиоактивного изотопа углерода ${}^{14}_6C$ в останках мамонта, найденного в Сибири, составляет 0,25 массы этого изотопа в живых организмах. Чему примерно равен возраст мамонта? Ответ поясните.

Решение

Способ 1:

Возраст мамонта можно вычислить с помощью закона распада радиоактивного изотопа $C-14$. Известно, что период полураспада изотопа $C-14$ составляет 5730 лет. Это означает, что через каждые 5730 лет количество $C-14$ в образце уменьшается в два раза.

Исходное количество изотопа $C-14$ в живых организмах составляет 100 %. Когда организм умирает, уровень $C-14$ начинает снижаться, и спустя определённое время остаётся только часть изначального количества изотопа.

Мы знаем, что в останках мамонта осталось 0,25 массы $C-14$ от первоначальной. Это означает, что прошло время, в течение которого количество $C-14$ уменьшилось до четверти от исходного значения. Это означает, что сначала в мамонт изотоп $C-14$ уменьшился в 2 раза, то есть, прошло время равное периоду полураспада (5730 лет). Далее у нас осталось половина компонента $C-14$ и чтобы получилось, что в останках осталось 0,25 массы $C-14$ требуется, чтобы количество изотопа $C-14$ уменьшилось еще в 2 раза - прошло время равное еще одному периоду полураспада (5730 лет). Тогда возраст мамонта равен двум периодам полураспада

$$t = 2 \cdot T_{1/2} = 2 \cdot 5730 = 11460 \text{ лет.}$$

**Способ 2:**

Мы можем использовать формулу для расчёта возраста на основе распада:

$$N(t) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{1/2}}},$$

где $N(t)$ - количество изотопа через время t , N_0 - начальное количество изотопа, $T_{1/2}$ - период полураспада (5730 лет), t - время, которое прошло с момента смерти организма.

В данном случае

$$\frac{N(t)}{N_0} = 0,25 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{5730}},$$

$$\log\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{5730}} = \log(0,25),$$

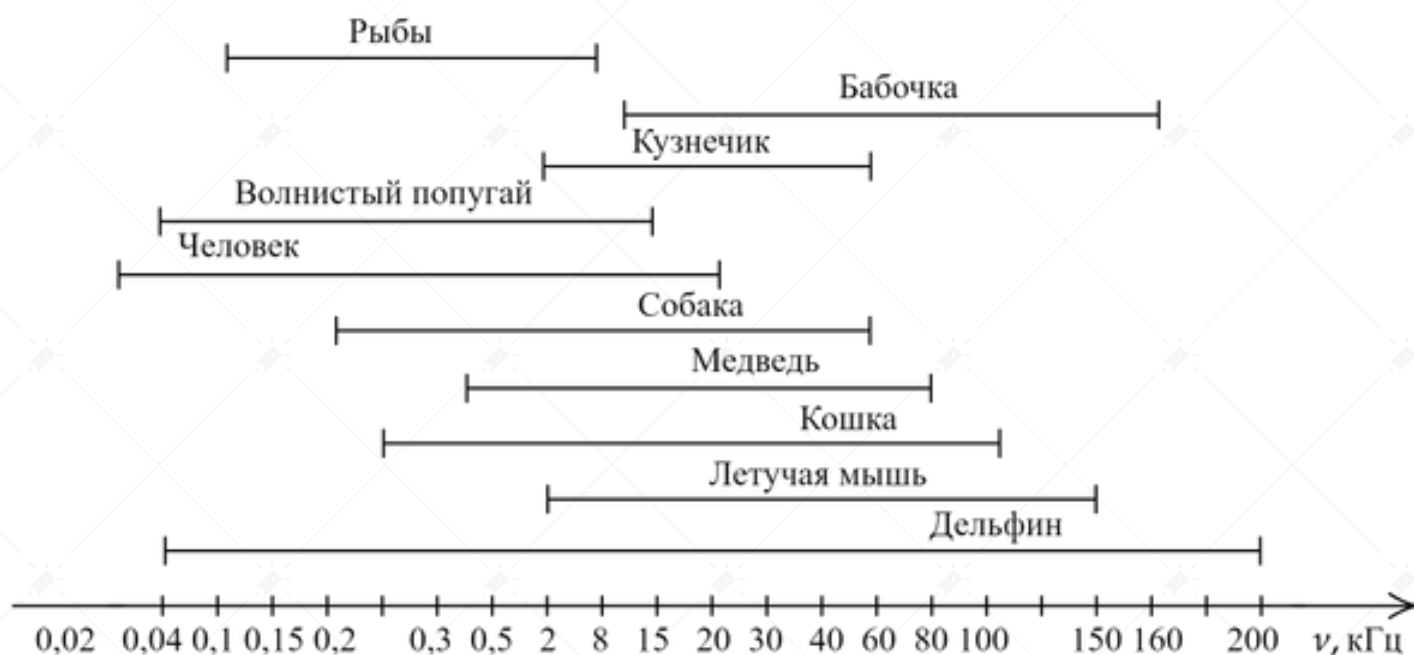
$$\frac{t}{5730} \cdot \log\left(\frac{1}{2}\right) = \log(0,25),$$

$$t = \frac{5730 \cdot \log(0,25)}{\log(0,5)} = 11460 \text{ лет.}$$



Слух дельфинов

Среди всех систем организма дельфина одна из самых интересных — слуховая. Основные сведения об окружающей обстановке дельфин получает с помощью слуха. При этом он использует эхолокацию: анализирует эхо, возникающее при отражении издаваемых им звуков от окружающих предметов. Эхо даёт точные сведения не только о положении предметов, но и об их величине, форме, материале, т.е. позволяет дельфину создать картину окружающего мира не хуже или даже лучше, чем с помощью зрения. Дельфины воспринимают акустические колебания, частоты которых почти в 10 раз более высокие, чем может воспринять человек (см. рисунок). Они способны слышать звуки, мощность которых в 10–30 раз ниже доступных слуху человека.



Диапазоны звуковых частот, воспринимаемых различными животными и человеком. Ультразвуковые сигналы, посылаемые дельфином, представляют собой последовательность коротких импульсов (щелчков), имеющих длительность порядка 0,01–0,1 мс.

Для того, чтобы сигнал был отражён препятствием, минимальный линейный размер этого препятствия должен быть не меньше длины волны посылаемого звука. Использование ультразвука позволяет обнаружить предметы меньших размеров, чем можно было бы обнаружить, используя более низкие звуковые частоты. Кроме того, использование ультразвуковых сигналов связано с тем, что ультразвуковая волна имеет острую направленность излучения, что очень важно для эхолокации, и намного медленнее затухает при распространении в воде.

Дельфин также способен воспринимать очень слабые отражённые сигналы звуковой частоты. Например, он прекрасно замечает маленькую рыбку, появившуюся сбоку на расстоянии 50 м.

Можно сказать, что дельфин обладает двумя типами слуха: он может направленно, вперёд, посылать и принимать ультразвуковой сигнал и может воспринимать обычные звуки, приходящие со всех сторон.

Для принятия остро направленных ультразвуковых сигналов у дельфина имеется вытяну-



тая вперёд нижняя челюсть, по которой волны эхо-сигнала поступают к уху. А для принятия звуковых волн относительно низких частот, от 1 кГц до 10 кГц, по бокам головы дельфина, где когда-то у далеких предков дельфинов, живших на суше, были обыкновенные уши, имеются наружные слуховые отверстия, которые почти заросли, однако звуки они пропускают прекрасно.

Задача 18.9 #87776 Банк ФИПИ

Может ли дельфин, используя сигнал частотой 100 кГц, обнаружить проплывающую впереди маленькую рыбку размером 5 см? Скорость звука в воде принять равной 1500 м/с. Ответ поясните.

Решение

Чтобы сигнал был отражён и получен дельфином, размер препятствия (в нашем случае рыбки размером 5 см.) не должен быть меньше длины волны сигнала.

То есть дельфин способен, используя сигнал частотой 100 кГц, может обнаружить рыбку не

меньше 1,5 см: $\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{1500}{100 \cdot 10^3} = 1,5 \text{ см}$



Задание №19

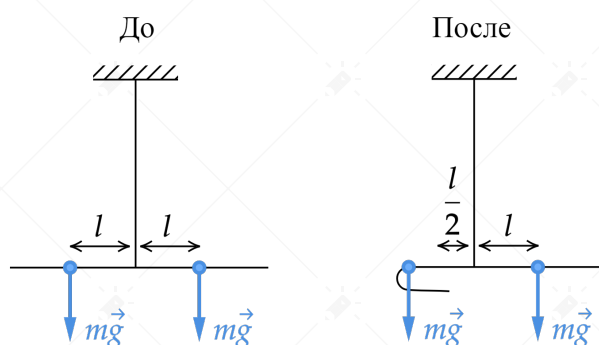
Задача 19.1 #73935 Банк ФИПИ

Отрезок однородной проволоки подвешен за середину. Изменится ли (и если изменится, то как) равновесие рычага, если левую половину сложить вдвое (см. рисунок)? Ответ поясните.



Решение

Равновесие нарушится, поскольку проволока однородная, масса обоих плеч рычага равна. Момент силы это произведение модуля силы на длину плеча. Моменты сил тяжести при условии равновесия рычага равны. После сгибания проволоки длина левого плеча уменьшилась (поскольку центр масс у однородного тела находится в его центре), следовательно, момент силы, действующей на левое плечо уменьшился. Таким образом, правое плечо окажется ниже левого плеча рычага и равновесие нарушится.





Задача 19.2 #75558 Банк ФИПИ

Два ученика одновременно измеряли атмосферное давление с помощью барометра: один, находясь в школьном дворе под открытым небом, другой - в кабинете физики на пятом этаже. Одинаковыми ли будут показания барометра? Если нет, то какой барометр покажет большее значение атмосферного давления? Ответ поясните.

Решение

1. Разными. Барометр, находящийся в школьном дворе, покажет большее значение.
2. Значение атмосферного давления уменьшается при увеличении высоты относительно поверхности земли. Следовательно, атмосферное давление в кабинете на пятом этаже меньше, чем в школьном дворе.



Задача 19.3 #69804 Банк ФИПИ

У ученика есть провод длиной 1 м, толстый железный гвоздь и батарейка. Он намотал 10 витков провода на гвоздь и подключил его к батарейке. Гвоздь стал притягивать мелкие железные предметы. Что может сделать ученик, чтобы увеличить силу, с которой эти предметы притягиваются к гвоздю? Ответ поясните.

Решение

Когда электрический ток проходит через проводник, вокруг проводника возникает магнитное поле. Если проводник намотан в виде катушки (соленоида), магнитные поля от каждого витка складываются, усиливая друг друга. Вставляя железный гвоздь внутрь катушки, мы значительно увеличиваем магнитное поле, так как железо является ферромагнетиком и многократно усиливает магнитный поток. Получается электромагнит

Чтобы увеличить силу притяжения электромагнита, ученик может предпринять несколько шагов:

- 1) Увеличить число витков провода на гвозде - магнитное поле пропорционально числу витков. Больше витков — сильнее магнитное поле.
- 2) Использовать батарейку с большим напряжением - большее напряжение увеличивает ток в цепи (если сопротивление остаётся прежним), а значит — усиливается магнитное поле.



Задача 19.4 #76471 Банк ФИПИ

Для того чтобы стеклянный стакан не треснул, какую ложку (деревянную или металлическую) следует в него опустить, прежде чем налить кипятка? Ответ поясните.

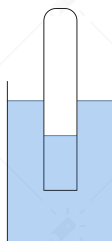
Решение

Следует опустить металлическую ложку.

Теплопроводность металла больше, чем дерева, поэтому именно металлическая ложка будет способствовать более быстрому охлаждению воды, а также предотвратит растрескивание стакана. Ведь ложка нужна для того, чтобы часть энергии кипятка пошла на нагрев самой ложки, а другая - на нагрев стакана.

**Задача 19.5 #73931 Банк ФИПИ**

Запаянную с одного конца трубку опускают открытым концом воду на половину длины трубки (см. рисунок). Как изменится уровень воды в трубке после того, как атмосферное давление увеличится? Ответ поясните.

**Решение**

Пусть

- 1) Давление газа в колбе изначально равно p_k ;
- 2) Атмосферное давление - p_0 ;
- 3) Расстояние между уровнями воды в стакане и колбе - a ;
- 4) Высота столба жидкости в колбе - h .

Вспомним, что давление столба жидкости высотой y равно

$$p = \rho g y,$$

где ρ - плотность жидкости.

Рассмотрим давление у основания трубки.

$$p_k + \rho g h = p_0 + \rho g(h + a),$$

$$p_k = p_0 + \rho g a.$$

Поскольку масса газа в колбе неизменна, то давление газа в колбе будет постоянно в течение всего процесса, при условии, что мы пренебрегаем эффектом испарения жидкости. При изменении атмосферного давления уравнение изменится следующим образом

$$p_k - \rho g a' = p'_0,$$

где a' - расстояние между уровнями воды в стакане и колбе после изменения атмосферного давления;

p'_0 - увеличенное атмосферное давление.

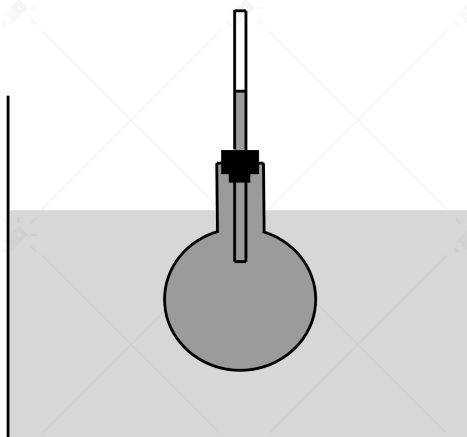
Поскольку правая часть уравнения увеличилась, то и левая должна также увеличиться, поэтому a' должна уменьшиться.

То есть, уровень воды в трубке повысится.



Задача 19.6 #67858 Банк ФИПИ

Колбу с жидкостью поместили в сосуд с водой (см. рисунок), при этом наблюдали понижение уровня жидкости в трубке. Сравните первоначальные температуры жидкости и воды. Ответ поясните.



Решение

Уровень жидкости в трубке понизился вследствие охлаждения жидкости. При ее охлаждении происходит уменьшение расстояния между молекулами жидкости, что приводит к ее сжатию, т.е. объём жидкости уменьшается, а значит уровень жидкости понижается. Значит, первоначальная температура жидкости была больше температуры воды.



Задача 19.7 #67853 Банк ФИПИ

Капля маслянистой жидкости попадает на поверхность воды и растекается, образуя тонкую плёнку. Обязательно ли эта плёнка закроет всю поверхность воды? Ответ поясните.

Решение

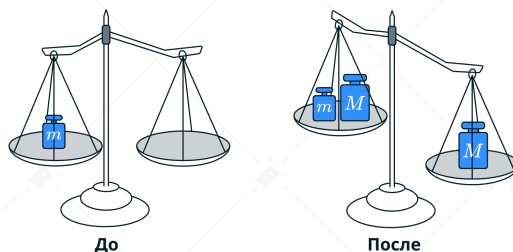
1. Масляная пленка может не закрыть всю поверхность воды.
2. Тонкая плёнка будет растекаться по поверхности воды только до определённых размеров, т.к. толщина пленки не может быть меньше диаметра молекул. Если площадь поверхности воды больше максимального возможного размера масляного пятна, то плёнка не закроет всю поверхность, если наоборот, то закроет.



Задача 19.8 #73934 Банк ФИПИ

Неравноплечные чашечные весы (одно плечо больше другого) уравнивают, положив на одну из чашек небольшой грузик. Нарушится ли равновесие, если теперь на чашки весов положить одинаковые по массе гирьки? Ответ поясните.

Решение



Изначально весы находятся в равновесии. Запишем уравнение моментов относительно точки крепления плеч к основанию весов

$$(m + m_{\text{ч}})gl_1 = m_{\text{ч}}gl_2, \quad (1)$$

где m - масса груза, $m_{\text{ч}}$ - масса чаши, l_1 - плечо левой части весов, l_2 - плечо правой части весов.

Тогда из этого уравнения следует

$$l_2 = \frac{(m + m_{\text{ч}})}{m_{\text{ч}}}l_1.$$

Т.к. $\frac{(m + m_{\text{ч}})}{m_{\text{ч}}} > 1$, то $l_2 > l_1$. После добавления на обе чаши грузов массами M правила моментов относительно точки крепления плеч к основанию весов изменится следующим образом

$$(m + m_{\text{ч}} + M)gl_1 < (m_{\text{ч}} + M)gl_2,$$

Из (1) следует

$$Mgl_1 < Mgl_2,$$

т.к. $l_2 > l_1$, то $Mgl_1 < Mgl_2$.

Поэтому равновесие нарушится, причем перевешивать будет чаша с длинным плечом (см.рисунок).



Задача 19.9 #67890 Банк ФИПИ

Какая доска на ощупь кажется более холодной: сухая или влажная, если температура досок одинакова и равна комнатной? Ответ поясните.

Решение

Поскольку теплопроводность воды больше, чем воздуха, влажная доска будет казаться холоднее сухой.

**Задача 19.10 #67969 Банк ФИПИ**

Два тела, имеющие одинаковые температуру и массу – одно медное, другое свинцовое – упали на Землю с одинаковой высоты. Какое из тел нагрелось при ударе о Землю до более высокой температуры? Почему? Изменением внутренней энергии Земли и сопротивлением воздуха пренебречь.

Решение

При падении тела и последующей остановке, его механическая энергия перейдет во внутреннюю, поскольку первоначально тела обладали потенциальной энергией, то будут справедливы равенства

$$E_{\text{п}} = Q \Rightarrow mgh = cm\Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{gh}{c}$$

Из последнего соотношения, в частности, следует, что чем меньше удельная теплоемкость, тем больше будет изменяться температура тела. Удельная теплоемкость свинца меньше, чем удельная теплоемкость меди, значит свинцовое тело нагреется до более высокой температуры.





Задача 19.11 #39457 Банк ФИПИ

Может ли в безоблачную погоду возникнуть эхо в ровной степи? Ответ поясните.

Решение

1. Не может.
2. Для возникновения эха необходимо наличие предметов, от которых отражался бы звук. Поэтому в ровной степи эхо не возникает.

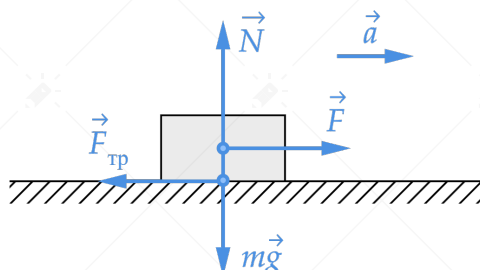


Задание №20

Задача 20.1 #74167 Банк ФИПИ, Камзеева 2024

Брусек массой 100 г покоится на горизонтальной поверхности. Какую силу, направленную горизонтально, нужно приложить к бруску, чтобы он мог двигаться с ускорением 2 м/с^2 ? Коэффициент трения между бруском и поверхностью равен 0,1.

Решение



Запишем второй закон Ньютона в проекции на вертикальную и горизонтальную оси:

$$OY : 0 = N - mg$$

$$OX : ma = F - F_{\text{тр}}$$

Из оси OY получаем $N = mg$.

Поскольку тело движется, сила трения равняется максимально возможной силе трения (силе трения скольжения) и находится по формуле $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$. Подставим все в уравнение OX , получим:

$$ma = F - \mu mg$$

Выразим силу F :

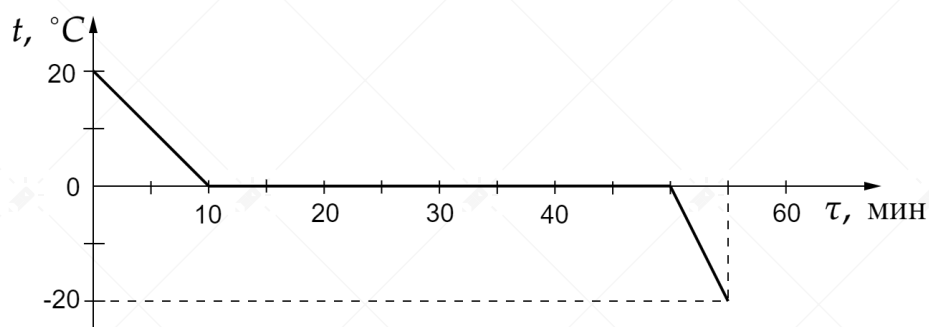
$$F = ma + \mu mg$$

$$F = m(a + \mu g)$$

$$F = 0,1(2 + 0,1 \cdot 10) = 0,3 \text{ Н}$$

**Задача 20.2 #76484 Банк ФИПИ**

Зависимость температуры 1 кг воды от времени при непрерывном охлаждении представлена на графике. Какое количество теплоты выделилось при кристаллизации воды и охлаждении льда?

**Решение**

Распишем количество теплоты, которое выделится за все время:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

где Q_1 - количество теплоты, выделившееся за время кристаллизации, Q_2 - количество теплоты, выделившееся за время остывания льда.

$$Q_1 = m\lambda$$

$$Q_2 = cm\Delta t$$

где m - масса воды, λ - удельная теплота плавления льда, c - удельная теплоемкость воды, Δt - изменение температуры льда при остывании.

$$Q = Q_1 + Q_2 = m\lambda + cm\Delta t = 1 \cdot 3,3 \cdot 10^5 + 2100 \cdot 1 \cdot 20 = 372 \cdot 10^3 \text{ Дж}$$

**Задача 20.3 #76489 Банк ФИПИ**

Какое количество воды можно нагреть от начальной температуры $t_1 = 20^\circ\text{C}$ до температуры кипения, если сжечь 168 г керосина? Считать, что вся энергия, выделяющаяся при сгорании топлива, расходуется на нагревание воды.

Решение

Запишем уравнение теплового баланса:

$$Q_1 = Q_2,$$

где Q_2 - количество теплоты, которое выделяется при сгорании топлива, Q_1 - количество теплоты, которое идет на нагрев воды.

Распишем каждое:

$$Q_1 = cm_1\Delta t$$

$$Q_2 = qm_2,$$

где c - удельная теплоёмкость воды, m_1 - масса воды, m_2 - масса керосина, Δt - изменение температуры воды, q - удельная теплота сгорания керосина.

$$cm_1\Delta t = qm_2$$

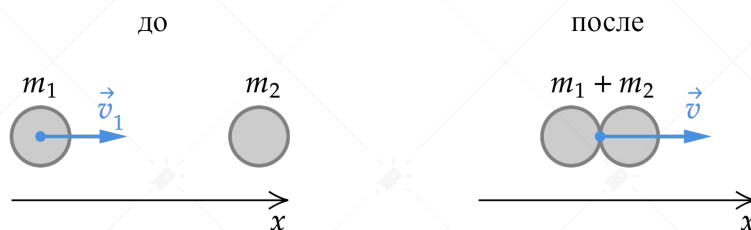
Выразим массу воды:

$$m_1 = \frac{qm_2}{c\Delta t}$$

$$m_1 = \frac{4,6 \cdot 10^7 \cdot 0,168}{4200 \cdot 80} = 23 \text{ кг}$$

**Задача 20.4 #74304 Банк ФИПИ**

Шар массой 5 кг, движущийся с некоторой скоростью, соударяется с неподвижным шаром, после чего шары движутся вместе. Определите массу второго шара, если при ударе потеряно 50% кинетической энергии.

Решение

Процесс соударения можно описать законом сохранения импульса, получим равенство (1):

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v$$

$$(m_1 v_1)^2 = (m_1 + m_2)^2 v^2 \quad (1)$$

Где m_1, m_2 - скорости первого и второго шара соответственно, v - скорости шаров при совместном движении. По условию сказано, что кинетическая энергия уменьшается в 2 раза. Значит справедливо равенство (2):

$$\frac{1}{2} \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2} \quad (2)$$

Поделим (2) на (1):

$$\frac{1}{2} \frac{m_1 v_1^2}{2(m_1 v_1)^2} = \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2(m_1 + m_2)^2 v^2}$$

$$\frac{1}{2m_1} = \frac{1}{m_1 + m_2}$$

$$2m_1 = m_1 + m_2$$

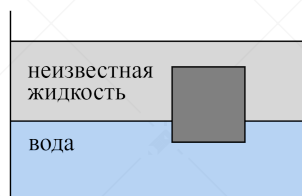
$$m_1 = m_2$$

Значит, масса второго шара равняется 5 кг

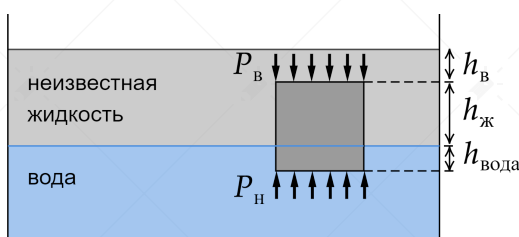


Задача 20.5 #74328 Банк ФИПИ

Сплошной кубик с ребром 10 см плавает на границе раздела воды и неизвестной жидкости, плотность которой меньше плотности воды, погрузившись в воду на 2 см (см. рисунок). Плотность вещества, из которого изготовлен кубик, равна 840 кг/м^3 . Свободная поверхность неизвестной жидкости располагается выше, чем верхняя поверхность кубика. Определите плотность неизвестной жидкости.



Решение



При погружении тела в жидкости на тело начинает действовать выталкивающая сила, которая появляется из-за разности давлений на верхнюю и нижнюю точку тела. Распишем давление на верхнюю и на нижнюю точку тела. Верхняя точка:

$$P_{\text{в}} = P_0 + \rho_{\text{ж}}gh_{\text{в}}$$

Здесь P_0 - атмосферное давление, $\rho_{\text{ж}}$ - плотность жидкости, $h_{\text{в}}$ - расстояние от верхнего уровня жидкости до верхней точки кубика. Нижняя точка:

$$P_{\text{н}} = P_0 + \rho_{\text{ж}}gh_{\text{в}} + \rho_{\text{ж}}gh_{\text{ж}} + \rho_{\text{в}}gh_{\text{вода}}$$

Здесь $h_{\text{ж}}$ - часть ребра, погруженная в жидкость неизвестной плотности, $h_{\text{вода}}$ - часть ребра, погруженная в воду, $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ - плотность воды Найдём разность давлений:

$$\Delta P = P_{\text{н}} - P_{\text{в}}$$

$$\Delta P = P_0 + \rho_{\text{ж}}gh_{\text{в}} + \rho_{\text{ж}}gh_{\text{ж}} + \rho_{\text{в}}gh_{\text{вода}} - (P_0 + \rho_{\text{ж}}gh_{\text{в}})$$

$$\Delta P = \rho_{\text{ж}}gh_{\text{ж}} + \rho_{\text{в}}gh_{\text{вода}}$$

Выталкивающая сила и давление связаны формулой $F_{\text{выт}} = \Delta P S$ Тогда выталкивающая сила равна:

$$F_{\text{выт}} = (\rho_{\text{ж}}gh_{\text{ж}} + \rho_{\text{в}}gh_{\text{вода}})S$$

Здесь $S = a^2$ - площадь основания кубика (площадь любой грани), a - длина ребра кубика. Поскольку в воду погружено $h_{\text{вода}} = 2 \text{ см}$ от длины ребра, то высота части, погруженная в неизвестную жидкость равна $h_{\text{ж}} = a - h_{\text{вода}}$. Поскольку тело находится в состоянии покоя, то



выталкивающая сила уравновешивает силу тяжести. Получаем равенство:

$$F_{\text{выт}} = mg$$

Сила тяжести же равна:

$$mg = \rho V g$$

Здесь $\rho = 840 \text{ кг/м}^3$ - плотность тела, $V = a^3$ - объём кубика. Получаем:

$$(\rho_{\text{ж}}gh_{\text{ж}} + \rho_{\text{в}}gh_{\text{вода}})S = \rho V g$$

С учетом всех выражений выше:

$$(\rho_{\text{ж}}(a - h_{\text{вода}}) + \rho_{\text{в}}h_{\text{вода}})a^2 = \rho a^3$$

$$\rho_{\text{ж}}(a - h_{\text{вода}}) + \rho_{\text{в}}h_{\text{вода}} = \rho a$$

$$\rho_{\text{ж}}a - \rho_{\text{ж}}h_{\text{вода}} + \rho_{\text{в}}h_{\text{вода}} = \rho a$$

$$h_{\text{вода}}(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{ж}}) = \rho a - \rho_{\text{ж}}a$$

$$h_{\text{вода}}\rho_{\text{в}} - h_{\text{вода}}\rho_{\text{ж}} = \rho a - \rho_{\text{ж}}a$$

$$h_{\text{вода}}\rho_{\text{в}} - \rho a = h_{\text{вода}}\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{ж}}a$$

$$h_{\text{вода}}\rho_{\text{в}} - \rho a = (h_{\text{вода}} - a)\rho_{\text{ж}}$$

$$\rho_{\text{ж}} = \frac{h_{\text{вода}}\rho_{\text{в}} - \rho a}{h_{\text{вода}} - a}$$

$$\rho_{\text{ж}} = \frac{\rho a - h_{\text{вода}}\rho_{\text{в}}}{a - h_{\text{вода}}}$$

Считаем:

$$\rho_{\text{ж}} = \frac{840 \cdot 10 - 2 \cdot 1000}{10 - 2} = 800 \text{ кг/м}^3$$

**Задача 20.6 #74302 Банк ФИПИ**

Снаряд, движущийся горизонтально, разорвался на два равных осколка по 1 кг каждый. Один осколок продолжил двигаться относительно Земли в прежнем направлении со скоростью 800 м/с, а другой полетел назад со скоростью 400 м/с. Какую скорость имел снаряд в момент разрыва?

Решение

В данной задаче систему двух тел можно считать замкнутой в горизонтальном направлении, так как внешние силы (трение, сопротивление воздуха и т. д.) не указаны и их влиянием можно пренебречь. Удар происходит мгновенно, поэтому даже если есть вертикальные силы (например, сила тяжести), они не изменяют горизонтальный импульс системы за столь короткое время. Следовательно, суммарный импульс тел до удара равен импульсу после удара в проекции на горизонтальную ось. Воспользуемся законом сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось

$$Mv = m_1v_1 - m_2v_2$$

Здесь M - исходная масса снаряда, при этом $m_1 = m_2 = \frac{M}{2}$ Получим:

$$Mv = \frac{M}{2}v_1 - \frac{M}{2}v_2$$

$$2v = v_1 - v_2$$

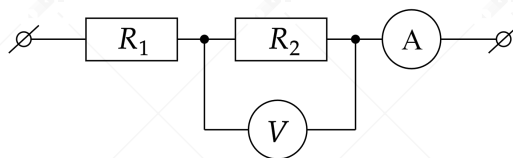
Значит скорость v в момент разрыва:

$$v = \frac{v_1 - v_2}{2}$$

$$v = \frac{800 - 400}{2} = 200 \text{ м/с}$$

**Задача 20.7 #76479 Банк ФИПИ**

Два резистора соединены, как показано на рисунке. Сопротивление резисторов: $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 8$ Ом. Какая мощность выделяется в первом резисторе, если напряжение на втором резисторе равно 24 В?

**Решение**

Мощность на первом резисторе можно найти по формуле:

$$P = I^2 R_1$$

Найдем силу тока в цепи через второй резистор, она равна силе тока через первый резистор, так как они соединены последовательно:

$$I = \frac{U}{R_2} = \frac{24}{8} = 3 \text{ А}$$

Находим мощность:

$$P = 3^2 \cdot 4 = 36 \text{ Вт}$$

**Задача 20.8 #76488 Банк ФИПИ**

Нагретый камень массой 5 кг, охлаждаясь на 4 °С в воде массой 2 кг, нагревает её на 1 °С. Чему равна удельная теплоёмкость камня? Тепловыми потерями можно пренебречь.

Решение

Распишем уравнение теплового баланса:

$$Q_1 = Q_2,$$

где Q_1 - количество теплоты, которое отдает камень, Q_2 - количество теплоты, которое поглощает вода.

$$c_1 m_1 \Delta t_1 = c_2 m_2 \Delta t_2$$

где c_1 - удельная теплоемкость камня; m_1 - масса камня; Δt_1 - изменение температуры камня; c_2 - удельная теплоёмкость воды; m_2 - масса воды; Δt_2 - изменение температуры воды.

Выразив удельную теплоёмкость камня, получим:

$$c_1 = \frac{c_2 m_2 \Delta t_2}{m_1 \Delta t_1}$$

$$c_1 = \frac{4200 \cdot 2 \cdot 1}{5 \cdot 4} = 420 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}^\circ}$$

**Задача 20.9 #67972 Банк ФИПИ**

Летающая пуля пробивает тонкую деревянную стенку. В момент удара о стенку скорость пули была равна 400 м/с. В процессе торможения температура пули увеличилась с 50 до 300 °С. Какую скорость имела пуля при вылете из стенки, если считать, что всё количество теплоты, выделяемое при торможении в стенке, поглощается пулей? Удельная теплоёмкость вещества, из которого изготовлена пуля, равна $140 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.

Решение

При попадании в деревянную стенку, на пулю действует сила трения, которая уменьшает кинетическую энергию пули, при этом работа силы сопротивления идет на нагрев тела.

Запишем закон сохранения энергии:

$$E_{\text{кин1}} = E_{\text{кин2}} + Q$$

Здесь: $E_{\text{кин1}} = \frac{mv_1^2}{2}$ - кинетическая энергия пули до удара, $E_{\text{кин2}} = \frac{mv_2^2}{2}$ - кинетическая энергия пули после вылета из стенки, $Q = cm\Delta t$ - количество теплоты, идущее на нагрев пули.

Получим:

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + cm\Delta t$$

Тогда скорость при вылете равна:

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 - 2c\Delta t}$$

$$v_2 = \sqrt{400^2 - 2 \cdot 140 \cdot (300 - 50)} = 300 \text{ м/с}$$

**Задача 20.10 #74166 Банк ФИПИ**

Тело движется вдоль оси OX . Проекция на эту ось равнодействующей всех сил, приложенных к телу, равна 3 Н. В таблице приведена зависимость проекции скорости v_x этого тела от времени t . Чему равна масса тела?

$t, \text{ с}$	2	4	6	8	10
$v_x, \text{ м/с}$	3	6	9	12	15

Решение

Приложенная к телу сила создает у тела ускорение.

Связь между силой и ускорением описывается формулой $F = ma$, откуда масса равна $m = \frac{F}{a}$

Ускорение тела рассчитывается по формуле $a = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$

Тогда масса равна $m = \frac{Ft}{v_x - v_{0x}}$

Считаем:

$$m = \frac{3 \cdot (6 - 2)}{9 - 3} = 2 \text{ кг}$$

**Задача 20.11 #76467 Банк ФИПИ**

Смешали две порции воды: 200 г при температуре $t_1 = 40$ °С и 800 г при $t_2 = 80$ °С. Температура получившейся смеси оказалась равной $t_{\text{см}} = 60$ °. Какое количество теплоты получили сосуд и окружающий воздух?

Решение

Распишем количество теплоты, которое отдает горячая вода:

$$Q_1 = cm_1\Delta t_1,$$

где c - удельная теплоёмкость воды, m_1 - масса горячей воды, Δt_1 - изменение температуры горячей воды.

Распишем количество теплоты, которое получает холодная вода:

$$Q_2 = cm_2\Delta t_2,$$

где c - удельная теплоёмкость воды, m_2 - масса холодной воды, Δt_2 - изменение температуры холодной воды.

Количество теплоты, которое было отдано сосуду и воздуху, можно найти как разность между энергией, отданной горячей водой и полученной холодной водой:

$$Q = Q_1 - Q_2$$

$$Q = cm_1\Delta t_1 - cm_2\Delta t_2$$

$$Q = 4200 \cdot 0,8 \cdot (80 - 60) - 4200 \cdot 0,2 \cdot (60 - 40) = 50400 \text{ Дж}$$

**Задача 20.12 #39036 Банк ФИПИ**

Определите плотность материала, из которого изготовлен шарик объемом $0,04 \text{ см}^3$, равномерно падающий по вертикали в воде, если при его перемещении на 6 м выделилось $24,84 \text{ мДж}$ энергии.

Решение

Количество выделенной энергии Q при равномерном падении шарика в воде равно работе, совершенной равнодействующей силы. Запишем второй закон Ньютона в проекции на вертикальную ось:

$$F = mg - F_A$$

где m – масса шарика; F_A – выталкивающая сила воды. Таким образом, количество выделенной энергии равно

$$Q = F \cdot h = (mg - F_A) \cdot h$$

Выталкивающая сила $F_A = \rho g V$, где $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды; $V = 0,04 \text{ см}^3 = 4 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3$ – объем шарика. Выразим массу шарика m через его объем и плотность:

$$m = \rho_{\text{ш}} V$$

где $\rho_{\text{ш}}$ – плотность шарика.

получим следующее выражение для количества энергии:

$$Q = (\rho_{\text{ш}} V g - \rho g V) \cdot h$$

откуда плотность шарика:

$$\rho_{\text{ш}} = \frac{Q}{ghV} + \rho = \frac{24,84 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 10^{-8}} + 1000 = 11350 \text{ кг/м}^3$$

**Задача 20.13 #76485 Банк ФИПИ**

В прямой нихромовой проволоке с площадью сечения 1 мм^2 сила постоянного тока равна 1 А . Каково напряжение между теми точками этой проволоки, которые находятся друг от друга на расстоянии 2 м ?

Решение

Запишем закон Ома для участка цепи:

$$I = \frac{U}{R},$$

где U - напряжение на участке;

R - сопротивление участка.

Распишем и найдем сопротивление:

$$R = \frac{\rho l}{S},$$

где $\rho = 1,1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ - удельная сопротивление проводника, S - площадь поперечного сечения, l - длина.

Выразим напряжение из закона Ома

$$U = I \cdot R = \frac{\rho l I}{S} = \frac{1,1 \cdot 2 \cdot 1}{1} = 2,2 \text{ В}.$$



Задание №21

Задача 21.1 #101706 Банк ФИПИ

Летающая пуля пробивает тонкую деревянную стенку. В момент удара о стенку скорость пули была равна 400 м/с, в момент вылета из стенки – 300 м/с. На сколько градусов нагреется пуля, если считать, что всё количество теплоты, выделяемое при торможении в стенке, поглощается пулей? Удельная теплоёмкость вещества, из которого изготовлена пуля, равна $140 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.

Решение

При пробивании доски, на пулю действует сила сопротивления движению, эта сила совершает работу и уменьшает кинетическую энергию пули. Работа силы сопротивления будет численно равна количеству теплоты, которое выделяется и нагревает пулю. Запишем это:

$$\frac{mv_1^2}{2} = Q + \frac{mv_2^2}{2}$$

Здесь v_2 - искомая скорость пули при вылете из доски, $Q = cm\Delta t$ - количество теплоты, которое пошло на нагрев пули от 50 до 300 °C. Получим:

$$\frac{mv_1^2}{2} - Q = \frac{mv_2^2}{2}$$

Отсюда скорость пули равна:

$$\frac{v_1^2 - v_2^2}{2c} = \Delta t,$$

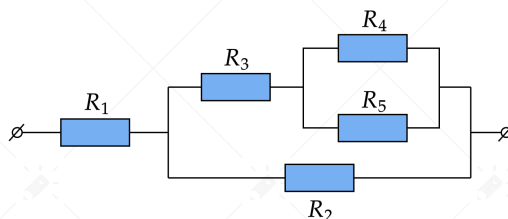
$$\Delta t = \frac{400^2 - 300^2}{2 \cdot 140} = 250^\circ\text{C}.$$



Задача 21.2 #105858 Банк ФИПИ

В электрическую сеть с напряжением 200 В включены пять резисторов по схеме, изображённой на рисунке. Сопротивления резисторов равны: $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$, $R_3 = 14 \text{ Ом}$, $R_4 = R_5 = 12 \text{ Ом}$.

Определите мощность, потребляемую резистором R_4 .



Решение

Вспомним, что при параллельном соединении резисторов R_1, R_2 их общее сопротивление равно

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

При параллельном соединении n резисторов одного номинала R общее сопротивление будет равно

$$\frac{1}{R_0} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R},$$

$$R_0 = \frac{R}{n}.$$

При последовательном же соединении общее сопротивление является аддитивной величиной, то есть, их общее сопротивление является суммой сопротивлений каждого отдельного резистора.

Рассчитаем общее сопротивление цепи: $R_{45} = \frac{R_4}{2} = 6 \text{ Ом}$

$$R_{345} = R_3 + R_{45} = 14 + 6 = 20 \text{ Ом}$$

$$R_{2345} = \frac{R_2}{2} = 10 \text{ Ом}$$

$R_0 = R_1 + R_{2345} = 10 + 10 = 20 \text{ Ом}$. Общий ток в цепи по закону Ома равен

$$I_0 = \frac{U}{R_0} = \frac{200}{20} = 10 \text{ А}.$$

Поскольку резисторы 2 и 3,4,5 соединены параллельно, то напряжение на них равны. Обозначим ток, протекающий через резистор 2 и 3,4,5, как I_2 и I_3 , соответственно. Из равенства напряжений и закона Ома следует

$$I_2 R_2 = I_3 R_{345}. \quad (1)$$

Поскольку общий ток равен сумме токов, протекающих на параллельных участках, то

$$I_0 = I_2 + I_3, \quad (2)$$

$$I_2 = I_0 - I_3. \quad (3)$$



Подставляя (3) в (1), получим

$$(I_0 - I_3)R_2 = I_3 R_{345},$$
$$I_3 = \frac{I_0 R_2}{R_2 + R_{345}} = \frac{I_0 \cdot 20}{20 + 20},$$
$$I_3 = \frac{I_0}{2}.$$

Тогда из (3)

$$I_2 = I_0 - \frac{I_0}{2} = \frac{I_0}{2}.$$

Тогда ток, текущий через резистор 2, равен $I_2 = \frac{I_0}{2}$.

Проводя аналогичные рассуждения для резисторов 4 и 5, учитывая, что для данных резисторов общий ток есть I_3 , получим, что ток, текущий через резистор 4, равен $I_4 = \frac{I_3}{2} = \frac{I_0}{4}$.
Мощность, выделяющаяся на резисторе, равна

$$P = UI = I^2 R.$$

Тогда мощность на резисторе 4 равна:

$$P_4 = I_4^2 \cdot R_4 = \left(\frac{10}{4}\right)^2 \cdot 12 = 75 \text{ Вт}.$$

**Задача 21.3 #76926 Банк ФИПИ**

Имеется два электрических нагревателя одинаковой мощности – по 400 Вт. Сколько времени потребуется для нагревания 1 л воды на 40°C , если нагреватели будут включены в ту же электросеть последовательно? Потерями энергии пренебречь.

Решение

Распишем мощность одного нагревателя:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Выразим сопротивление одного нагревателя:

$$R = \frac{U^2}{P}$$

Всё тепло, вырабатываемое нагревателями, идет на нагрев воды:

$$Q = P_{\text{общ}} \cdot \tau = \frac{U^2}{R_{\text{общ}}} \cdot \tau$$

При последовательном соединении сопротивления элементов складываются таким образом: $R_{\text{общ}} = R + R = 2R$

Значит

$$Q = P_{\text{общ}} \cdot \tau = \frac{U^2}{2R} \cdot \tau = \frac{P}{2} \cdot \tau$$

Выразим мощность:

$$P = \frac{2Q}{\tau}$$

Распишем количество теплоты, которое поглощает вода:

$$Q = cm\Delta t$$

где c – удельная теплоёмкость воды, m – масса воды, Δt – изменение температуры. Подставим полученное выражение в формулу мощности:

$$P = \frac{2cm\Delta t}{\tau}$$

Распишем массу воды:

$$m = \rho V$$

Выразим нужное нам время:

$$\tau = \frac{2c\rho V\Delta t}{P}$$

$$\tau = \frac{2 \cdot 4200 \cdot 1000 \cdot 0,001 \cdot 40}{400} = 840 \text{ с}$$

**Задача 21.4 #74327 Банк ФИПИ**

Пуля массой 9 г, движущаяся со скоростью 800 м/с, пробила доску и вылетела из доски со скоростью 200 м/с. Определите толщину доски, если средняя сила сопротивления, действующая на пулю в доске, равна 108 кН.

Решение

Запишем закон об изменении кинетической энергии:

$$\frac{mv_1^2}{2} = A + \frac{mv_2^2}{2},$$

где m – масса пули, A – работа силы сопротивления, v_1 и v_2 – начальная и конечная скорость тела.

Работа силы сопротивления равна:

$$A = FS,$$

где F – средняя сила сопротивления, S – толщина доски.

Отсюда:

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = FS$$

Отсюда:

$$S = \frac{m(v_1^2 - v_2^2)}{2F}$$

$$S = \frac{0,009(800^2 - 200^2)}{2 \cdot 108000} = 2,5 \text{ см}$$

**Задача 21.5 #67930 Банк ФИПИ**

Стальной осколок, падая из состояния покоя с высоты 103 м, у поверхности Земли имел скорость 40 м/с. На сколько повысилась температура осколка, если считать, что изменение его внутренней энергии произошло в результате совершения работы сил сопротивления воздуха?

Решение

Изменение температуры вызвано количеством теплоты, выделяющимся за счет работы силы сопротивления воздуха, эта работа равна разности энергий тела в начальном и конечном состоянии, эта энергия равна:

$$Q = A = E_p - E_k$$

где E_p - потенциальная энергия осколка; E_k - кинетическая энергия осколка. Изменение температуры, вызванное количеством теплоты Q можно найти из формулы

$$Q = cm\Delta t$$

откуда $\Delta t = \frac{Q}{cm}$ Из справочных данных $c = 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ - удельная теплоемкость стали; m - масса осколка. Подставив вместо Q разность энергий осколка, получим:

$$Q = mgh - \frac{mv^2}{2}$$

Тогда

$$\Delta t = \frac{gh - \frac{v^2}{2}}{c} = 0,46^\circ\text{C}$$

**Задача 21.6 #105842 Банк ФИПИ**

В калориметр поместили 200 г мокрого снега и долили 200 г воды при температуре 100 °С. После этого снег растаял, и в калориметре установилась температура 20 °С. Сколько воды содержал мокрый снег первоначально?

Решение

Распишем количество теплоты, которое получает вода:

$$Q = cm\Delta t,$$

где c - удельная теплоёмкость воды, m - масса воды, Δt - изменение температуры воды. Распишем количество теплоты, получаемое льдом массой m при таянии

$$Q = \lambda m,$$

где λ - удельная теплота плавления льда.

Пусть масса всего снега равна m , а масса воды в снеге $m_{\text{в}}$. Тогда масса льда в снеге $m_{\text{л}} = m - m_{\text{в}}$.

Пусть масса воды в калориметре m_0 .

Тогда количество теплоты, отданное водой в калориметре, при охлаждении будет передано снегу для плавления его части льда и дальнейшего нагрева до установившейся температуры.

Пусть температуры воды в калориметре t_0 , а конечная температура $t_{\text{к}}$. Запишем уравнение теплового баланса

$$cm_0(t_0 - t_{\text{к}}) = \lambda m_{\text{л}} + cm(t_{\text{к}} - 0),$$

Из справочных данных

$c = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$, $\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж}/\text{кг}$.

Тогда

$$m_{\text{л}} = \frac{cm_0(t_0 - t_{\text{к}}) - cmt_{\text{к}}}{\lambda} \approx 0,15 \text{ кг}.$$

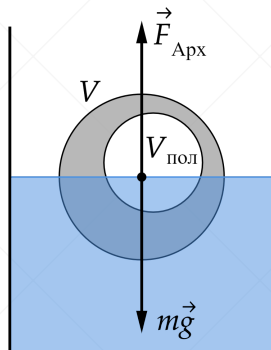
Тогда масса воды в снеге равна

$$m_{\text{в}} = m - m_{\text{л}} \approx 0,05 \text{ кг}.$$



**Задача 21.7 #41703 Банк ФИПИ**

Тело из алюминия, внутри которого имеется воздушная полость, плавает в воде, погрузившись в воду на 0,54 своего объёма. Объём тела (включая полость) равен $0,04 \text{ м}^3$. Найдите объём воздушной полости. Массой воздуха в полости пренебречь.

Решение

Сила Архимеда равна:

$$F_{\text{арх}} = \rho g V_{\text{п}} = \rho g \cdot 0,54V,$$

где ρ – плотность воды, $V_{\text{п}}$ – объём погружённого тела, V – объём тела.

Так как тело плавает в воде, то выполнено равенство:

$$F_{\text{арх}} = mg = \rho g \cdot 0,54V$$

Масса тела из алюминия равна

$$m = \rho_a \cdot (V - V_{\text{пол}})$$

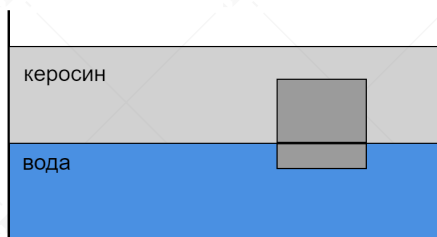
где $\rho_a = 2700 \text{ кг/м}^3$ – плотность алюминия; $V_{\text{пол}}$ – объём воздушной полости. Подставляя данное выражение в первую формулу, имеем:

$$0,54\rho gV = \rho_a g(V - V_{\text{пол}}) \Rightarrow V_{\text{пол}} = V - V \frac{0,54\rho}{\rho_a} = 0,032 \text{ м}^3$$

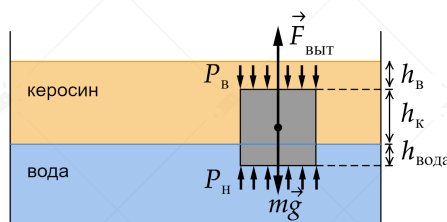


Задача 21.8 #74170 Банк ФИПИ

Сплошной кубик плотностью 900 кг/м^3 плавает на границе раздела воды и керосина, погрузившись в воду на глубину 4 см (см. рисунок). Слой керосина располагается выше, чем верхняя поверхность кубика. Определите длину ребра кубика.



Решение



При погружении тела в жидкости на тело начинает действовать выталкивающая сила, которая появляется из-за разности давлений на верхнюю и нижнюю точку тела. Распишем давление на верхнюю и на нижнюю точку тела. Верхняя точка:

$$P_{\text{в}} = P_0 + \rho_{\text{к}}gh_{\text{в}}$$

Здесь P_0 - атмосферное давление, $\rho_{\text{к}} = 800 \text{ кг/м}^3$ - плотность керосина, $h_{\text{в}}$ - расстояние от верхнего уровня жидкости до верхней точки кубика. Нижняя точка:

$$P_{\text{н}} = P_0 + \rho_{\text{к}}gh_{\text{в}} + \rho_{\text{к}}gh_{\text{к}} + \rho_{\text{в}}gh_{\text{вода}}$$

Здесь $h_{\text{к}}$ - часть ребра, погруженная в керосин, $h_{\text{вода}}$ - часть ребра, погруженная в воду, $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ - плотность воды. Найдем разность давлений:

$$\Delta P = P_{\text{н}} - P_{\text{в}}$$

$$\Delta P = P_0 + \rho_{\text{к}}gh_{\text{в}} + \rho_{\text{к}}gh_{\text{к}} + \rho_{\text{в}}gh_{\text{вода}} - (P_0 + \rho_{\text{к}}gh_{\text{в}})$$

$$\Delta P = \rho_{\text{к}}gh_{\text{к}} + \rho_{\text{в}}gh_{\text{вода}}$$

Выталкивающая сила и давление связаны формулой $F_{\text{выт}} = \Delta PS$. Тогда выталкивающая сила равна:

$$F_{\text{выт}} = (\rho_{\text{к}}gh_{\text{к}} + \rho_{\text{в}}gh_{\text{вода}})S$$

Здесь $S = a^2$ - площадь основания кубика (площадь любой грани), a - длина ребра кубика. Поскольку в воду погружено $h_{\text{вода}} = 4 \text{ см}$ от длины ребра, то высота части, погруженная в керосин равна $h_{\text{к}} = a - h_{\text{вода}}$. Поскольку тело находится в состоянии покоя, то выталкивающая



сила уравновешивает силу тяжести. Получаем равенство:

$$F_{\text{выт}} = mg$$

Сила тяжести же равна:

$$mg = \rho V g$$

Здесь $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$ - плотность тела, $V = a^3$ - объём кубика. Получаем:

$$(\rho_{\text{к}} g h_{\text{к}} + \rho_{\text{в}} g h_{\text{вода}}) S = \rho V g$$

С учетом всех выражений выше:

$$(\rho_{\text{к}}(a - h_{\text{вода}}) + \rho_{\text{в}} h_{\text{вода}}) a^2 = \rho a^3$$

$$\rho_{\text{к}}(a - h_{\text{вода}}) + \rho_{\text{в}} h_{\text{вода}} = \rho a$$

$$\rho_{\text{к}} a - \rho_{\text{к}} h_{\text{вода}} + \rho_{\text{в}} h_{\text{вода}} = \rho a$$

$$h_{\text{вода}}(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{к}}) = \rho a - \rho_{\text{к}} a$$

$$h_{\text{вода}}(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{к}}) = (\rho - \rho_{\text{к}}) a$$

Получаем формулу для длины ребра кубика:

$$a = \frac{h_{\text{вода}}(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{к}})}{\rho - \rho_{\text{к}}}$$

Считаем:

$$a = \frac{4(1000 - 800)}{900 - 800} = 8 \text{ см}$$

**Задача 21.9 #74170 Банк ФИПИ**

Электрочайник мощностью 2,4 кВт, рассчитанный на максимальное напряжение 240 В, включают в сеть напряжением 120 В. Сколько воды с начальной температурой 18°C можно довести до кипения за 7 мин., если КПД чайника в этом случае равен 82%?

Решение

Распишем КПД чайника:

$$A_{\text{п}} = cm\Delta t$$
$$A_3 = \frac{U_2^2 \tau}{R}$$
$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_3} = \frac{cm\Delta t R}{U_2^2 \tau}$$

За полезную работу примем энергию, которая пошла на нагрев воды до температуры кипения, а за затраченную - ту, что выработал чайник.

Где $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$; $m = 0,6 \text{ кг}$; $\Delta t = 82^\circ\text{C}$; $P = 2,4 \text{ кВт}$ - мощность чайника; $U_2 = 120 \text{ В}$ - напряжение сети; $U_1 = 240 \text{ В}$ - напряжение чайника; τ - время, за которое вода дойдёт до кипения.

Распишем сопротивление чайника: $R = \frac{U_1^2}{P} = 24 \text{ Ом}$

Подставив все в формулу КПД и выразив массу воды, получим:

$$m = \frac{\eta U_2^2 \tau}{c R \Delta t}$$
$$m = \frac{0,82 \cdot 120^2 \cdot 7 \cdot 60}{4200 \cdot 24 \cdot 82} = 0,6 \text{ кг}$$

**Задача 21.10 #76444 Банк ФИПИ**

Маленький свинцовый шарик объёмом $0,01 \text{ см}^3$ равномерно падает в воде. Какое количество теплоты выделится при перемещении шарика на 6 м ?

Решение

Количество выделенной энергии Q при равномерном падении шарика в воде равно работе, совершенной силой сопротивления со стороны жидкости. Запишем второй закон Ньютона в проекции на вертикальную ось:

$$F = mg - F_A$$

где m – масса шарика; F_A – выталкивающая сила воды. Таким образом, количество выделенной энергии равно

$$Q = F \cdot h = (mg - F_A) \cdot h$$

Выталкивающая сила $F_A = \rho g V$, где $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды; V – объём шарика. Выразим массу шарика m через его объём и плотность:

$$m = \rho_{\text{ш}} V$$

где $\rho_{\text{ш}} = 11350 \text{ кг/м}^3$ – плотность шарика.

получим следующее выражение для количества энергии:

$$Q = (\rho_{\text{ш}} V g - \rho g V) \cdot h$$

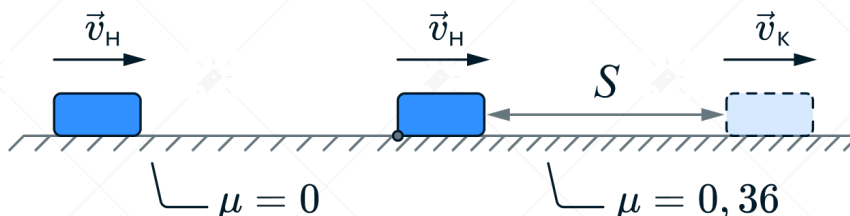
$$Q = g V h (\rho_{\text{ш}} - \rho)$$

Считаем:

$$Q = 10 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot (11350 - 1000) = 6,21 \text{ мДж}$$

**Задача 21.11 #106409 Банк ФИПИ**

Брусок массой 200 г, движущийся по гладкой горизонтальной поверхности, подъезжает к границе, где гладкая поверхность заканчивается и начинается шероховатая. Коэффициент трения скольжения бруска по шероховатой поверхности равен 0,36. Какой минимальной скоростью должен обладать брусок, чтобы переместиться на 180 см по шероховатой поверхности?

Решение

Понятно, что вся кинетическая энергия уйдет в тепло, выделяемое за счёт трения о поверхность. Тогда можно записать закон изменения кинетической энергии

$$\frac{mv_{\text{н}}^2}{2} - \frac{mv_{\text{к}}^2}{2} = A_{\text{тр}}, \quad (2)$$

где $v_{\text{к}}^2$ - конечная скорость движения (в нашем случае требуется рассмотреть движение до полной остановки, т.е. конечная скорость равна 0), $A_{\text{тр}} = \mu mgS$ - работа силы трения, S - расстояние, которое пройдет брусок по шероховатой поверхности.

Получим:

$$\frac{mv_{\text{н}}^2}{2} = \mu mgS + \frac{mv_{\text{к}}^2}{2}$$

Откуда начальная скорость равна:

$$v_{\text{н}} = \sqrt{2\mu gS + v_{\text{к}}^2}$$

$$v_{\text{н}} = \sqrt{2 \cdot 0,36 \cdot 10 \cdot 1,8 + 0} = 3,6 \text{ м/с}$$

**Задача 21.12 #79572 Банк ФИПИ**

Ударная часть молота массой 10 т свободно падает с высоты 2,5 м на стальную деталь. Какую массу имеет стальная деталь, если после 32 ударов она нагрелась на 20°C ? На нагревание детали расходуется 25% механической энергии молота.

Решение

Распишем КПД молота:

$$\eta = \frac{Q}{E}$$

где Q – полезная работа, то есть энергия, идущая на нагрев детали, E – затраченная работа, то есть энергия, которая выделяется при ударах молотом. Распишем полезную работу:

$$Q = cm\Delta t$$

где c – удельная теплоёмкость стали, m – масса детали, Δt – температура, на которую нагрелась деталь.

Распишем затраченную работу: энергия одного падения равна потенциальной энергии молота на высоте $h=2,5$ м -

$$E = Mgh$$

Следовательно, энергия $n=32$ ударов равна:

$$E = n \cdot Mgh$$

где M – масса молота. Подставляя всё в формулу КПД, получим:

$$\eta = \frac{cm\Delta t}{nMgh}$$

Выражая массу детали, получим:

$$m = \frac{nMgh\eta}{c\Delta t}$$
$$m = \frac{32 \cdot 10000 \cdot 10 \cdot 2,5 \cdot 0,25}{500 \cdot 20} = 200 \text{ кг}$$

**Задача 21.13 #76823 Банк ФИПИ**

Какое количество теплоты необходимо, чтобы нагреть 1 л воды от 20°C до 100°C? Вода нагревается в алюминиевой кастрюле массой 200 г. Тепловыми потерями в окружающую среду пренебречь.

Решение

Количество теплоты, необходимое, чтобы довести воду в кастрюле до кипения равна:

$$Q = Q_1 + Q_2,$$

где Q_1 – количество теплоты, потраченное на нагрев воды до 100 °C, Q_2 – количество теплоты, необходимое на нагрев кастрюли.

Необходимые количества теплоты найдём по формуле:

$$Q_1 = c_1 m_1 \Delta t,$$

где c_1 – удельная теплоёмкость воды, m_1 – масса воды, Δt – изменение температуры.
Масса воды:

$$m_1 = \rho V$$

где ρ – плотность воды, V – объём воды.

$$Q_2 = c_2 m_2 \Delta t,$$

где c_2 – удельная теплоёмкость алюминия, m_2 – масса кастрюли.
Тогда

$$Q = (c_1 \rho V + c_2 m_2) \Delta t = (4200 \cdot 1000 \cdot 0,001 + 920 \cdot 0,2) \cdot 80^\circ = 350720 \text{ Дж}$$

**Задача 21.14 #76452 Банк ФИПИ**

С высоты 1,25 м вертикально вниз бросили шарик со скоростью 10 м/с. На какую высоту после удара он поднимется, если в процессе удара 40 % механической энергии шара теряется? Соппротивлением воздуха пренебречь.

Решение

При падении вниз потенциальная энергия переходит в кинетическую, при этом полная энергия тела не изменяется и она равна:

$$E_1 = E_{\text{кин2}} = E_{\text{кин1}} + E_{\text{пот1}}$$

Из-за удара теряется 40% от энергии $E_{\text{кин2}}$, а значит у тела останется энергия $E_3 = E_{\text{пот3}} = 0,6E_{\text{кин2}}$

При этом тело начинает подниматься вверх, а значит вся энергия перейдет в потенциальную, то есть энергия тела будет равна $E_{\text{пот3}}$.

Если начальная высота тела будет h , то конечная высота тела будет равна H , при этом исходная кинетическая энергия равна $E_{\text{кин1}} = \frac{mv^2}{2}$, потенциальная энергия равна $E_{\text{пот1}} = mgh$, конечная потенциальная энергия равна $E_{\text{пот3}} = mgH$

Поскольку $E_{\text{кин2}} = E_{\text{кин1}} + E_{\text{пот1}} = \frac{mv^2}{2} + mgh$ и $E_{\text{пот3}} = mgH$, то подставим это все в равенство $E_{\text{пот3}} = 0,6E_{\text{кин2}}$, получим:

$$mgH = 0,6\left(\frac{mv^2}{2} + mgh\right)$$

$$\frac{5}{3}gH = \frac{v^2}{2} + gh$$

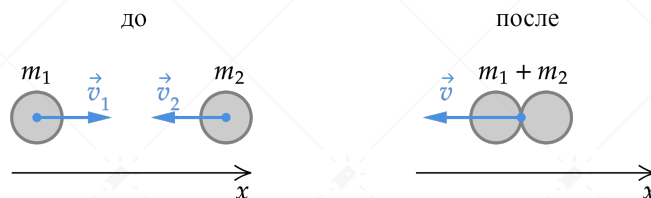
Откуда высота равна:

$$H = \frac{3v^2}{10g} + \frac{3h}{5}$$

$$H = \frac{3 \cdot 10^2}{10 \cdot 10} + \frac{3 \cdot 1,25}{5} = 3,75 \text{ м}$$

**Задача 21.15 #74308 Банк ФИПИ**

Два свинцовых шара массами $m_1 = 100$ г и $m_2 = 200$ г движутся навстречу друг другу со скоростями $v_1 = 4$ м/с и $v_2 = 5$ м/с. Какую кинетическую энергию будет иметь первый шар после абсолютно неупругого соударения шаров?

Решение

При абсолютно неупругом ударе шары слипаются и движутся как единое целое. Внешние силы отсутствуют (или их действием можно пренебречь), поэтому импульс системы сохраняется. Запишем закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось:

$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = -(m_1 + m_2) v$$

Перед суммарным импульсом после взаимодействия стоит минус, поскольку тела после взаимодействия будут двигаться в ту сторону, куда двигалось тело с большим импульсом. Получаем:

$$v = \frac{m_2 v_2 - m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

Посчитаем скорость:

$$v = \frac{200 \cdot 5 - 100 \cdot 4}{100 + 200}$$

$$v = 2 \text{ м/с}$$

Тогда кинетическая энергия первого шара после соударения равна:

$$E_{\text{кин}} = \frac{m_1 v^2}{2}$$

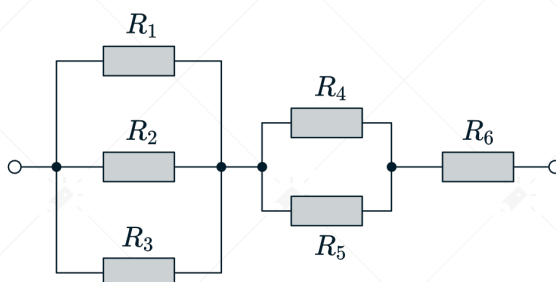
$$E_{\text{кин}} = \frac{0,1 \cdot 2^2}{2} = 0,2 \text{ Дж}$$



Задание №22

Задача 22.1 #105855 Банк ФИПИ

В электрическую сеть с напряжением 220 В включены шесть резисторов по схеме, изображённой на рисунке.



Определите мощность, потребляемую резистором R_6 , если $R_1 = 30 \text{ Ом}$, $R_2 = 30 \text{ Ом}$, $R_3 = 30 \text{ Ом}$, $R_4 = 12 \text{ Ом}$, $R_5 = 12 \text{ Ом}$, $R_6 = 4 \text{ Ом}$.

Решение

Вспомним, что при параллельном соединении резисторов R_1, R_2 их общее сопротивление равно

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

При параллельном соединении n резисторов одного номинала R общее сопротивление будет равно

$$\frac{1}{R_0} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R},$$

$$R_0 = \frac{R}{n}.$$

При последовательном же соединении общее сопротивление является аддитивной величиной, то есть, их общее сопротивление является суммой сопротивлений каждого отдельного резистора.

Найдем общее сопротивление системы:

$$R_{123} = \frac{30}{3} = 10 \text{ Ом},$$

$$R_{45} = \frac{12}{2} = 6 \text{ Ом},$$

$$R_0 = 10 + 6 + 4 = 20 \text{ Ом}.$$

Общий ток в цепи по закону Ома равен

$$I_0 = \frac{U}{R_0} = \frac{220}{20} = 11 \text{ А}.$$

Мощность, выделяющаяся на резисторе, равна

$$P = UI = I^2 R.$$



Тогда мощность на резисторе 6 равна:

$$P_6 = I_0^2 \cdot R_6 = 11^2 \cdot 4 = 484 \text{ Вт.}$$

**Задача 22.2 #73909 Банк ФИПИ**

Найдите силу тяги, которую развивает при скорости 12 м/с электровоз, работающий при напряжении 3 кВ и потребляющий ток 1,6 кА. КПД двигателя электровоза равен 85%.

Решение

Мощность силовой установки:

$$P_{\text{уст}} = UI,$$

где U – напряжение на установке, I – сила тока через установку.

Мощность электровоза равна:

$$P_{\text{э}} = Fv,$$

где F – сила тяги, v – скорость электровоза.

КПД равно:

$$\eta = \frac{P_{\text{э}}}{P_{\text{уст}}} \cdot 100\% = \frac{Fv}{UI} \cdot 100\%$$

$$F = \frac{\eta UI}{v \cdot 100\%}$$

$$F = \frac{85\% \cdot 3000 \cdot 1600}{12 \cdot 100\%} = 340 \text{ кН}$$

**Задача 22.3 #76829 Банк ФИПИ**

Имеются два электрических нагревателя мощностью по 800 Вт каждый. Сколько времени потребуется для нагревания 1 л воды на 80°C, если нагреватели будут включены параллельно? Потерями энергии пренебречь.

Решение

Распишем мощность одного нагревателя:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Выразим сопротивление одного нагревателя:

$$R = \frac{U^2}{P}$$

Всё тепло, вырабатываемое нагревателями, идет на нагрев воды:

$$Q = P_{\text{общ}} \cdot \tau = \frac{U^2}{R_{\text{общ}}} \cdot \tau$$

При параллельном соединении сопротивления элементов складываются таким образом:

$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R}$$

Выражаем общее сопротивление: $R_{\text{общ}} = \frac{R}{2}$

Значит

$$Q = P_{\text{общ}} \cdot \tau = \frac{U^2}{R} \cdot \tau \cdot 2 = 2 \cdot P \cdot \tau$$

Выразим мощность:

$$P = \frac{Q}{2 \cdot \tau}$$

Распишем количество теплоты, которое поглощает вода при нагреве:

$$Q = cm\Delta t,$$

где c - удельная теплоёмкость воды, m - масса воды, Δ - изменение температуры воды.

Распишем массу воды: $m = \rho \cdot V$, где ρ - плотность воды, $V = 0,001 \text{ м}^3$ - объём воды.

Подставим полученное выражение в формулу мощности:

$$P = \frac{cm\Delta t}{2\tau} = \frac{c\rho V\Delta t}{2\tau}$$

Выразим нужное нам время:

$$\tau = \frac{c\rho V\Delta t}{2P}$$

$$\tau = \frac{4200 \cdot 1000 \cdot 0,001 \cdot 80}{2 \cdot 800} = 210 \text{ с}$$

**Задача 22.4 #44607 Банк ФИПИ**

Какое количество керосина израсходовали двигатели самолёта, пролетевшего расстояние 500 км со средней скоростью 250 км/ч, если средняя полезная мощность его двигателей 2300 кВт? КПД двигателей равен 25%.

Решение

КПД двигателя равно:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{зат}}} \cdot 100\%,$$

где $A_{\text{пол}}$ – полезная работа, $A_{\text{зат}}$ – затраченная работа.

Полезная работа равна:

$$A_{\text{пол}} = N \cdot t,$$

где N – мощность, t – время полёта.

Затраченная работа равна:

$$A_{\text{зат}} = q \cdot m,$$

где $q = 46 \cdot 10^6$ Дж/кг – удельная теплота сгорания керосина, m – масса керосина.

Время полёта равно:

$$t = \frac{S}{v} = \frac{500 \text{ км}}{250 \text{ км/ч}} = 2 \text{ ч} = 7200 \text{ с}.$$

Тогда масса топлива равна

$$m = \frac{N \cdot t}{q \cdot \eta} = \frac{2300 \cdot 10^3 \text{ Вт} \cdot 7200 \text{ с}}{46 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг} \cdot 0,25} = 1440 \text{ кг}$$

**Задача 22.5 #76923 Банк ФИПИ**

Электроплитка имеет три одинаковые спирали. Если в сеть все три спирали включены последовательно, то вода в кастрюле закипает через 36 мин. Через какое время закипит та же масса воды, если в ту же сеть спирали включить параллельно? Начальные температуры воды одинаковы. Сопротивления спиралей не зависят от условий работы.

Решение

Мощность нагревателя определяется как

$$P = \frac{U^2}{R_0}.$$

где U – напряжение на участке цепи, R_0 – общее сопротивление участка.

При последовательном соединении общее сопротивление находится как сумма сопротивлений, то есть

$$R_{01} = R + R + R = 3R.$$

Тогда мощность

$$P_1 = \frac{U^2}{3R}.$$

При этом количество теплоты, которое необходимо передать воде для её закипания

$$Q_1 = P_1 t_1,$$

где t_1 – время закипания.

Тогда

$$Q_1 = \frac{U^2}{3R} t_1.$$

При параллельном соединении общее сопротивление цепи можно найти из формулы

$$\frac{1}{R_{02}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \Rightarrow R_{02} = \frac{R}{3}.$$

Тогда

$$Q_2 = P_2 t_2 = \frac{3U^2}{R} t_2,$$

где t_2 – время закипания во втором случае.

Так как количество воды обоих случаях равны, то $Q_1 = Q_2$, следовательно

$$\frac{t_1}{3} = 3t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{t_1}{9} = \frac{36 \text{ МИН}}{9} = 4 \text{ МИН}$$

**Задача 22.6 #76936 Банк ФИПИ**

Две спирали электроплитки сопротивлением по 10 Ом каждая соединены параллельно и включены в сеть с напряжением 220 В. Вода массой 1 кг, налитая в алюминиевую кастрюлю массой 300 г, закипела через 37 с. Чему равна начальная температура воды и кастрюли? Потерями энергии на нагревание окружающего воздуха пренебречь.

Решение

Распишем мощность одной спирали:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Выразим сопротивление одной спирали:

$$R = \frac{U^2}{P}$$

Всё тепло, вырабатываемое электроплиткой, идет на нагрев воды и кастрюли:

$$Q = P_{\text{общ}} \cdot \tau = \frac{U^2}{R_{\text{общ}}} \cdot \tau$$

При параллельном соединении сопротивления элементов складываются таким образом:

$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R}$$

Выражаем общее сопротивление: $R_{\text{общ}} = \frac{R}{2}$

Значит

$$Q = P_{\text{общ}} \cdot \tau = \frac{U^2}{R} \cdot \tau \cdot 2 = 2 \cdot P \cdot \tau$$

Выразим мощность:

$$P = \frac{Q}{2 \cdot \tau}$$

Распишем количество теплоты, которое поглощает вода и кастрюля при нагреве:

$$Q = cm\Delta t + c_1 m_1 \Delta t,$$

где c - удельная теплоёмкость воды, m - масса воды, Δ - изменение температуры воды и кастрюли, c_1 - удельная теплоёмкость алюминия, m_1 - масса кастрюли.

Подставим полученное выражение в формулу мощности:

$$P = \frac{cm\Delta t + c_1 m_1 \Delta t}{2\tau}$$

Выразим нужное нам изменение температуры:

$$\Delta t = \frac{2\tau \frac{U^2}{R}}{cm + c_1 m_1}$$

$$\Delta t = \frac{2 \cdot 37 \cdot \frac{220^2}{10}}{4200 \cdot 1 + 920 \cdot 0,3} \approx 80^\circ C$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$



где t_1 - начальная температура, t_2 - конечная температура.

$$t_1 = t_2 - \Delta t = 100 - 80 = 20^{\circ}\text{C}$$

**Задача 22.7 #67979 Банк ФИПИ**

Какой путь прошел автомобиль, если при средней скорости 100 км/ч его двигатель израсходовал 30 кг бензина? Механическая мощность двигателя автомобиля равна 46 кВт, КПД двигателя равен 36%.

Решение

КПД теплового двигателя - отношение работы полезной к величине количества теплоты, полученного двигателем от нагревателя. Полезная работа выражается через мощность двигателя:

$$A_{\text{п}} = N \cdot t$$

Количество теплоты, полученное от нагревателя - энергия, выделяющаяся при сгорании топлива. Таким образом КПД, выражается формулой

$$\eta = \frac{N \cdot t}{q \cdot m}$$

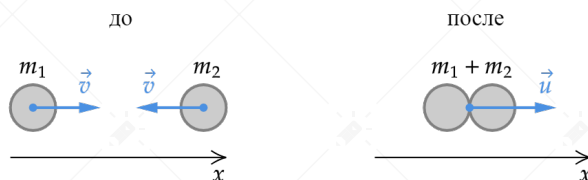
Из последней формулы выражаем время движения

$$t = \frac{\eta \cdot q \cdot m}{N} = \frac{0,36 \cdot 46 \cdot 10^6 \cdot 30}{46 \cdot 10^3} = 3 \text{ ч}$$

$$S = v \cdot t = 300 \text{ км}$$

**Задача 22.8 #74306 Банк ФИПИ**

Шары массами 6 и 4 кг, движущиеся навстречу друг другу с одинаковыми по модулю скоростями, соударяются, после чего движутся вместе. В результате соударения выделилось 19,2 Дж энергии. Определите, с какой по модулю скоростью относительно Земли двигались шары до соударения.

Решение

Согласно закону сохранения импульса

$$m_1v - m_2v = (m_1 + m_2) \cdot u$$

Отсюда скорость шаров после удара:

$$u = \frac{v(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2}$$

Согласно закону сохранения энергии можно найти выделившееся количество теплоты как изменение кинетической энергии системы тел до и после взаимодействия:

$$Q = \left(\frac{m_1v^2}{2} + \frac{m_2v^2}{2} \right) - \frac{(m_1 + m_2)u^2}{2}$$

Отсюда:

$$Q = \frac{2m_1m_2}{m_1 + m_2}v^2$$

Отсюда искомая скорость:

$$v = \sqrt{\frac{Q(m_1 + m_2)}{2m_1m_2}}$$

$$v = \sqrt{\frac{19,2(6 + 4)}{2 \cdot 6 \cdot 4}} = 2 \text{ м/с}$$

**Задача 22.9 #69805 Банк ФИПИ**

Три лампы мощностью: $P_1 = 50$ Вт, $P_2 = 50$ Вт, $P_3 = 25$ Вт, рассчитанные на напряжение 110 В, соединены последовательно и подключены к источнику напряжением 220 В. Определите мощность, выделяющуюся на первой лампе.

Решение

Чтобы найти выделяющуюся мощность, воспользуемся формулой:

$$P_1 = I^2 \cdot R_1,$$

где I - сила тока, протекающая через лампы, R_1 - сопротивление первой лампы.

Найдем сопротивления каждой лампы, через мощность, на которую рассчитаны лампы, воспользовавшись формулой: $P = \frac{U_1^2}{R}$, где U_1 - напряжение, на которое рассчитана каждая лампа, R_2 и R_3 - соответственно сопротивления второй и третьей лампы.

$$R_1 = \frac{U_1^2}{P_1} = \frac{110^2}{50} = 242 \text{ Ом}$$

$$R_2 = \frac{U_1^2}{P_2} = \frac{110^2}{50} = 242 \text{ Ом}$$

$$R_3 = \frac{U_1^2}{P_3} = \frac{110^2}{25} = 484 \text{ Ом}$$

Найдем силу тока в цепи через напряжение в сети:

$$I = \frac{U}{R_{\text{общ}}}$$

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + R_3 = 242 + 242 + 484 = 968 \text{ Ом}$$

где $R_{\text{общ}}$ - общее сопротивление в цепи.

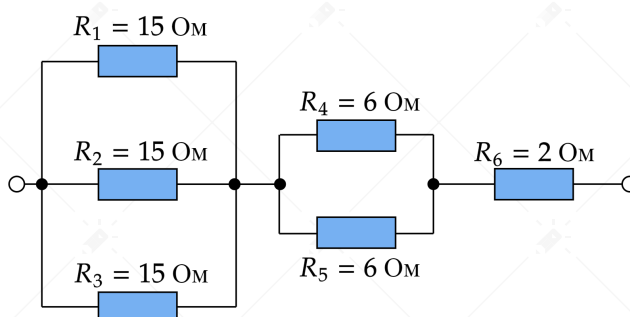
$$I = \frac{U}{R_{\text{общ}}} = \frac{220}{968} \text{ А}$$

Подставим все в первоначальную формулу:

$$P_1 = \left(\frac{220}{968} \right)^2 \cdot 242 = 12,5 \text{ Вт}$$

**Задача 22.10 #69810 Банк ФИПИ**

В электрическую сеть с напряжением 120 В включены шесть резисторов по схеме, изображённой на рисунке.



Определите мощность, потребляемую резистором R_1 .

Решение

Вспомним, что при параллельном соединении резисторов R_1, R_2 их общее сопротивление равно

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

При параллельном соединении n резисторов одного номинала R общее сопротивление будет равно

$$\frac{1}{R_0} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R},$$

$$R_0 = \frac{R}{n}.$$

При последовательном же соединении общее сопротивление является аддитивной величиной, то есть, их общее сопротивление является суммой сопротивлений каждого отдельного резистора.

Найдем общее сопротивление системы:

$$R_{123} = \frac{15}{3} = 5 \text{ Ом},$$

$$R_{45} = \frac{6}{2} = 3 \text{ Ом},$$

$$R_0 = 5 + 3 + 2 = 10 \text{ Ом}.$$

Общий ток в цепи по закону Ома равен

$$I_0 = \frac{U}{R_0} = \frac{120}{10} = 12 \text{ А}.$$

Поскольку резисторы 4 и 5 соединены параллельно, то напряжение на них равны. Обозначим ток, протекающий через резистор 4 и 5, как I_4 и I_5 , соответственно. Из равенства напряжений и закона Ома следует

$$I_4 R_4 = I_5 R_5. \quad (1)$$



Поскольку общий ток равен сумме токов, протекающих на параллельных участках, то

$$I_0 = I_4 + I_5, \quad (2)$$

$$I_4 = I_0 - I_5. \quad (3)$$

Подставляя (3) в (1), получим

$$(I_0 - I_5)R_4 = I_5R_5,$$
$$I_5 = \frac{I_0R_4}{R_4 + R_5} = \frac{I_0 \cdot 12}{12 + 12},$$
$$I_5 = \frac{I_0}{2}.$$

Тогда из (3)

$$I_4 = I_0 - \frac{I_0}{2} = \frac{I_0}{2}.$$

Тогда ток, текущий через резистор 4, равен $I_4 = \frac{I_0}{2}$.

Аналогично рассуждениям выше, ток в резисторе 1: $I_1 = \frac{I_0}{3}$. Мощность, выделяющаяся на резисторе, равна

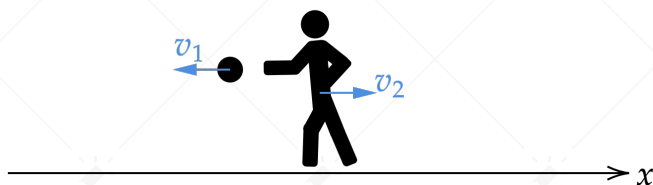
$$P = UI = I^2R.$$

Тогда мощность на резисторе 1 равна:

$$P_1 = I_1^2 \cdot R_1 = \left(\frac{12}{3}\right)^2 \cdot 15 = 240 \text{ Вт}.$$

**Задача 22.11 #74310 Банк ФИПИ**

Конькобежец массой 80 кг, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении предмет со скоростью 20 м/с и откатывается в обратном направлении на 40 см. Найдите массу предмета, если коэффициент трения коньков о лёд равен 0,02.

Решение

Система "конькобежец + предмет" изолирована в горизонтальном направлении во время броска, так как:

Время броска очень мало, поэтому сила трения не успевает изменить импульс системы за этот момент.

Вертикальные силы (сила тяжести и нормальная реакция) компенсируют друг друга и не влияют на горизонтальное движение.

Запишем закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось

$$0 = Mv_2 - mv_1$$

M - масса конькобежца, m - масса предмета, v_1 - скорость предмета, v_2 - скорость отката конькобежца. Из закона сохранения импульса найдем скорость конькобежца:

$$v_2 = \frac{mv_1}{M}$$

При откате на конькобежца действует сила трения, которая вызывает ускорение, за счет которого его скорость уменьшается до 0. Расстояние отката можно найти по формуле:

$$S = \frac{U_k^2 - v_2^2}{-2a}$$

U_k - конечная скорость конькобежца, равная 0, перед ускорением стоит минус, поскольку ускорение направлено противоположно направлению скорости.

$$S = \frac{v_2^2}{2a}$$

$$S = \frac{(mv_1)^2}{2aM^2}$$

Запишем второй закон Ньютона для конькобежца:

$$M\vec{a} = M\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}}$$

Спроецируем на вертикальную и горизонтальную ось:

$$OX : Ma = F_{\text{тр}}$$

$$OY : 0 = N - Mg$$



Поскольку конькобежец движется, сила трения равна максимально возможной силе трения и равна μN . Из уравнения оси OY получаем $N = Mg$, тогда сила трения скольжения равна μMg . Из уравнения оси OX получим:

$$Ma = \mu Mg$$

$$a = \mu g$$

Тогда получим:

$$S = \frac{(mv_1)^2}{2\mu g M^2}$$

Отсюда масса предмета равна:

$$m = \sqrt{\frac{2S\mu g M^2}{v_1^2}}$$

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,4 \cdot 0,02 \cdot 10 \cdot 80^2}{20^2}} = 1,6 \text{ кг}$$

**Задача 22.12 #76442 Банк ФИПИ**

Два одинаковых медных шара получили одинаковую энергию, в результате чего первый шар нагрелся на 8°C , оставаясь неподвижным, а второй, не нагреваясь, приобрёл некоторую скорость. Какова эта скорость?

Решение

Количество теплоты, которое получил шар, который нагрелся можем найти по формуле $Q_1 = cm_1\Delta t$

Здесь:

$c = 400 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ - удельная теплоёмкость меди, m_1 - масса первого шара, $\Delta t = 8^\circ\text{C}$ - изменение температуры вследствие нагрева тела.

Количество теплоты, которое получил второй шар можем найти по формуле $Q_2 = \frac{m_2v^2}{2}$

Здесь:

$m_2 = m_1 = m$ - масса первого шара (по условию массы шаров равны), v - скорость, которую приобретает второй шар без нагрева, значит, вся его энергия будет равна кинетической энергии.

По условию задачи шары получили одинаковое количество энергии, значит:

$$Q_1 = Q_2$$

$$cm_1\Delta t = \frac{m_2v^2}{2}$$

$$c\Delta t = \frac{v^2}{2}$$

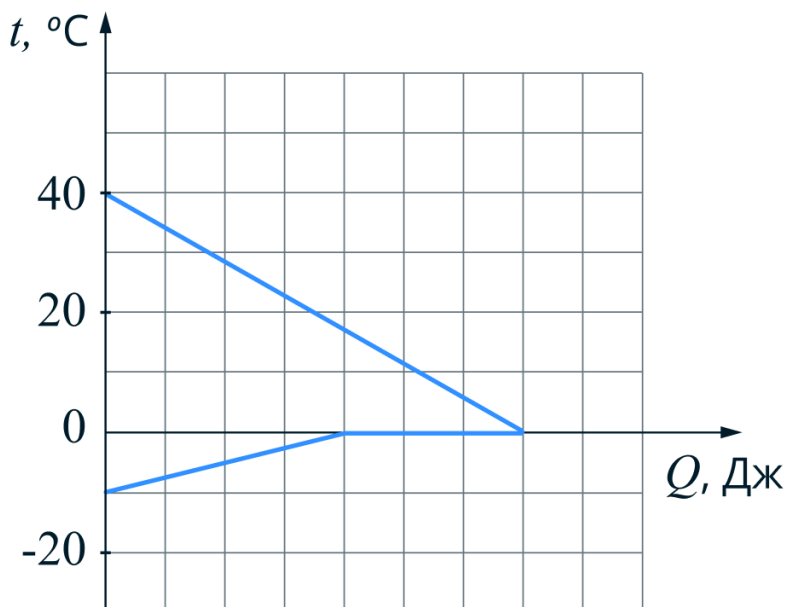
Откуда скорость шара равна:

$$v = \sqrt{2c\Delta t}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 400 \cdot 8} = 80 \text{ м/с}$$

**Задача 22.13 #105843 Банк ФИПИ**

В сосуд с водой поместили кусок льда, масса которого в 2 раза больше массы воды. На рисунке изображён процесс теплообмена между водой и льдом.



К окончанию процесса теплообмена оказалось, что растаяло 105 г льда. Определите массу воды, которую поместили в сосуд. Потерями энергии при теплообмене можно пренебречь.

Решение

Обозначим массу воды за $m_{\text{в}}$, массу льда $m_{\text{л}}$.

Из рисунка видно, что изначально вода находилась при температуре $t_1 = 40^\circ\text{C}$, а лёд при температуре $t_2 = -10^\circ\text{C}$.

Установившаяся температура равна $t = 0^\circ\text{C}$.

Распишем количество теплоты, которое получает/отдаёт вода при нагревании/охлаждении:

$$Q = cm\Delta t,$$

где c - удельная теплоёмкость воды, m - масса воды, Δt - изменение температуры воды.

Распишем количество теплоты, получаемое льдом массой m при таянии

$$Q = \lambda m,$$

где λ - удельная теплота плавления льда.

Из рисунка видно, что вода охлаждается до конечной температура. Лёд же сначала нагревается до температуры плавления, а дальше плавится, причем из условия следует, что растаяло $m = 105$ г льда.

Запишем уравнение теплового баланса

$$c_{\text{в}}m_{\text{в}}(t_1 - t) = \lambda m + c_{\text{л}}m_{\text{л}}(t - t_2),$$

где $c_{\text{в}} = 4200$ Дж/(кг·°C), $\lambda = 3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг, $c_{\text{л}} = 2100$ Дж/(кг·°C).

Вспомним условия задачи, что $m_{\text{л}} = 2m_{\text{в}}$.



Тогда масса воды, которую поместили в сосуд, равна

$$m_{\text{в}} = \frac{\lambda m}{c(t_1 - t) + 2ct_2} = \frac{3,3 \cdot 10^5 \cdot 105 \cdot 10^{-3}}{4200 \cdot (40 - 0) - 2 \cdot 2100 \cdot 10} = 0,275 \text{ кг.}$$

**Задача 22.14 #73908 Банк ФИПИ**

Транспортер равномерно поднимает груз массой 190 кг на высоту 9 м за 50 с. Сила тока в электродвигателе равна 1,5 А. КПД двигателя транспортера составляет 60%. Определите напряжение в электрической сети.

Решение

КПД двигателя равно:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{зат}}} \cdot 100\%,$$

где $A_{\text{пол}}$ – полезная работа, $A_{\text{зат}}$ – затраченная работа.

Полезная работа - это механическая энергия по поднятию груза массой m на высоту h :

$$A_{\text{пол}} = mgh.$$

Работа затраченная - это мощность электрического подъёмника за время t

$$A_{\text{зат}} = Nt$$

где N – мощность.

Мощность равна

$$N = UI,$$

где U – напряжение, I – сила тока.

Тогда

$$\eta = \frac{mgh}{UIt} \Rightarrow U = \frac{mgh}{\eta It}$$

Считаем:

$$U = \frac{190 \cdot 10 \cdot 9}{0,6 \cdot 1,5 \cdot 50} = 380 \text{ В}$$