Разработано НИЯУ МИФИ

Методические рекомендации для учителей по подготовке обучающихся к прохождению теоретического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал»

в номинации «Инженерный класс»

по направлению «Технологическое»

на основе разбора демонстрационного варианта

Москва, 2022 г.

Содержание

Раздел 1. Введение

Методические рекомендации для учителей по подготовке обучающихся к прохождению теоретического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» в номинации «Инженерный класс» по направлению «Технологическое» составлены НИЯУ МИФИ на основе разбора демонстрационного варианта и включают три основных раздела с рекомендациями по решению заданий по предметам «математика», «физика» и «информатика».

Демонстрационный вариант теоретического этапа по медико-инженерному направлению в 2022 году состоит из 15 заданий различного уровня сложности. Обобщённый план конкурсных материалов для проведения теоретического этапа Конкурса представлен ниже в таблице 1.1.

Таблица 1.1.

№ задания	Уровень сложности	Уникальные кодификаторы Конкурса	Контролируемые требования к проверяемым умениям	Балл
1.	базовый	Физика 5.4, 7.1, 7.2	Анализировать предложенную текстовую информацию по таким разделам физики, как: «Оптика», «Элементы квантовой оптики» и «Физика атома», и делать выводы на ее основе	3
2.	базовый			3
3.	базовый			3
4.	повышенный			4
5.	базовый	Математика 1.2.3	Решать	3

			тригонометрические уравнения	
6.	базовый	Информатика 2.2	Использовать графы и деревья при описании объектов и процессов	3
7.	базовый	Математика 2.3.2	Решать задачи на вычисление длин и площадей	3
8.	базовый	Информатика 1.2	Измерять количество информации, используемое при кодировании	3
9.	повышенный	Физика 2.4	Владеть навыками использования законов сохранения в механике	5
10.	повышенный	Математика 1.2.9	Владеть методом интервалов для решения неравенств	5
11.	повышенный	Математика 2.4.1	Владеть операциями поиска суммы векторов, умножения вектора на число, угла между векторами и их скалярного произведения	5
12.	повышенный	Физика 4.1, 4.2	Решать задачи на электростатику и постоянный электрический ток	5

13.	повышенный	Математика 1.4.5	Решать задачи с применением комбинаторики	5
14.	повышенный	Информатика 1.3	Владеть навыками алгоритмизации. Решать типовые задачи обработки массива на суммирование элементов массива, поиск наибольшего (наименьшего) элемента, проверку соответствия элементов массива некоторому условию, подсчёт числа элементов, равных данному или наибольшему (наименьшему) элементу	5
15.	повышенный	Математика 1.3	Решать задачи на начала математического анализа	5
			Сумма баллов:	**60**

Раздел 2. Методические рекомендации по решению задач по предмету “Математика”

Задания по предмету “Математика” представлены шестью заданиями: два задания базового уровня сложности, четыре задания повышенного уровня сложности.

Задание 5. (3 балла)

Контролируемые требования к проверяемым умениям:

Умение решать тригонометрические уравнения

Уровень сложности – базовый

Текст задания демоварианта

Улитка движется на плоскости *XOУ* по закону

$$\begin{cases} x = \cos t \\ y = 2\sin 3t + 1 \end{cases}.$$

В какой момент времени *t* на промежутке $[9;10]$ улитка пройдет через точку *A*(-1; 1)? Если ответ содержит число π, то перед записью поделите на него.

Для выполнения задания необходимо

Уметь сводить задачу к тригонометрическому уравнению или системе тригонометрических уравнений, знать основные формулы тригонометрии, уметь решать простейшие тригонометрические уравнения, уметь отбирать корни тригонометрического уравнения, принадлежащие определённому интервалу. Желательно уметь пользоваться тригонометрическим кругом при решении уравнения.

Решение задания

Подставляя в систему координаты точки $A\ x = -1, y = 1$, получим систему простейших тригонометрических уравнений $\{cost = -1\ 2sin3t + 1 = 1$. Решением первого уравнения будут числа вида $t = \pi + 2\pi k, k \in Z$. Дальше можно непосредственной подстановкой убедиться, что эти числа являются корнями второго уравнения, или, решив второе уравнение и получив $t = \frac{\pi n}{3}, n \in Z$, найти пересечение этих множеств используя, например, тригонометрический круг. Таким образом решением системы будут числа вида $t = \pi + 2\pi k, k \in Z$. Отберём корни этого уравнения, принадлежащие заданному отрезку. Множество корней имеет вид $\{\pm\pi;\ \pm3\pi;\ \pm5\pi \dots.\}$. Из этого множества на отрезок $[9; 10]$ попадает только число 3π (вспомним, что $\pi = 3{,}14$ ...). Поделив на π , получим ответ.

Ответ: 3

Задание 7. (3 балла)

Контролируемые требования к проверяемым умениям:

Умение решать тригонометрические уравнения

Уровень сложности – базовый

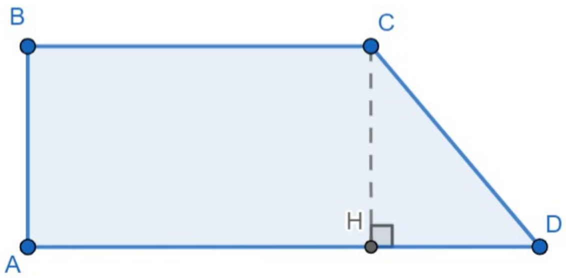
Текст задания демоварианта

Газон имеет форму прямоугольной трапеции с основаниями 50 и 70 метров и большей боковой стороной 25 метров. Помогите садовнику рассчитать суточный расход воды для полива газона, если на каждый квадратный метр в сутки требуется 4,5 литра. Ответ запишите в литрах (при необходимости округлите до ближайшего целого числа).

Для выполнения задания необходимо

Знать и уметь применять формулы площади треугольника, параллелограмма, трапеции, многоугольника, круга и его частей, основные теоремы планиметрии, уметь находить длины отрезков и площади плоских фигур.

Решение задания



Обозначим трапецию ABCD, где BC=50, AD=70, CD=25.

Проведём высоту CH. Тогда ABCH – прямоугольник, поэтому AH=BC=50, DH=AD-AH=20 (м). По теореме Пифагора CH=CD2-DH2=252-202=15 (м).

Площадь трапеции SABCD=12BC+AD·CH=1250+70·15=900 м2, тогда ежесуточный расход воды равен 900·4,5=4050 л.

Ответ: 4050

<u>Задание 10</u>. (5 баллов)

Контролируемые требования к проверяемым умениям:

Владеть методом интервалов для решения неравенств

Уровень сложности – повышенный

Текст задания демоварианта

Даны графики функций $f(x) = x^4 - 2x^3 + x^2$ и $g(x) = (8x - 12)(x - 1)^2$. Укажите количество точек с целыми абсциссами, в которых график функции $f(x)$ лежит не выше графика функции $g(x)$.

Для выполнения задания необходимо

- уметь строить математическую модель задачи и сводить её к решению дробно-рационального неравенства;

- уметь решать дробно-рациональные неравенства методом интервалов.

Решение задания

Задача сводится к исследованию решения неравенства $g(x) \geq f(x)$, то есть $(8x-12)(x-1)^2 \geq x^4 - 2x^3 + x^2$.

Приведём неравенство к виду $F(x) \geq 0$ и разложим левую часть на множители

$(8x-12)(x-1)^2 - (x^4 - 2x^3 + x^2) \geq 0 \Leftrightarrow$

$(8x-12)(x-1)^2 - x^2(x^2 - 2x + 1) \geq 0 \Leftrightarrow$

$(8x-12)(x-1)^2 - x^2(x-1)^2 \geq 0 \Leftrightarrow$

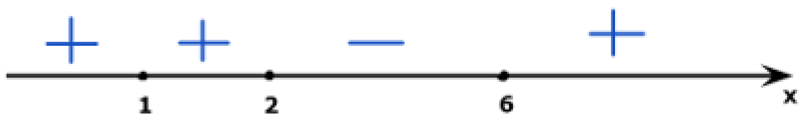
$(8x-12)(x-1)^2 - x^2(x-1)^2 \geq 0 \Leftrightarrow$

$(8x-12-x^2)(x-1)^2 \geq 0 \Leftrightarrow$

$(x^2-8x+12)(x-1)^2 \leq 0 \Leftrightarrow$

$(x-2)(x-6)(x-1)^2 \leq 0.$

Корнями соответствующего уравнения являются числа 1;2 и 6. Решим неравенство методом интервалов, для чего изобразим корни на числовой прямой и определим знаки в получившихся интервалах.



Решением неравенства является множество 2;61. В точке x=1 левая часть обращается в 0, что удовлетворяет условию. В это множество входит 6 целых чисел, что является ответом задачи.

Ответ: 6

Задание 11. (5 баллов)

Контролируемые требования к проверяемым умениям:

Владеть операциями поиска суммы векторов, умножения вектора на число, угла между векторами и их скалярного произведения

Уровень сложности – повышенный

Текст задания демоварианта

Робот-манипулятор должен был переместить деталь из начала координат в точку с координатами $(1; -4; 8)$. Однако, из-за ошибки в программном обеспечении фактически деталь оказалась в точке $(-4; y; 7)$, причём координата y оказалась утерянной из-за ещё одной ошибки ПО. Инженерам-технологам удалось установить, что угол между расчётным и фактическим радиус-векторами в конечной точке оказался равным $\arccos\frac{4}{9}$. Помогите технологам восстановить координату y.

Для выполнения задания необходимо

- владеть понятиями вектора, длины вектора, координат вектора, суммы векторов, умножения вектора на число, угла между векторами, скалярного произведения векторов;

-уметь составлять математические модели задач с использованием векторов, понимать физический смысл вектора;

- знать и уметь применять формулы суммы векторов, длины вектора, умножения вектора на число, косинуса угла между векторами, скалярного произведения векторов, заданных своими координатами.

Решение задания

Обозначим теоретический радиус-вектор $\vec{a} = \{1; -4; 8\}$, а фактический $\vec{b} = \{-4; y; 7\}$, где y – пока не известная координата.

По определению скалярного произведения векторов $\vec{a}\vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cdot cos\ cos\ \angle(\vec{a}, \vec{b})$, следовательно $cos\ cos\ \angle(\vec{a}, \vec{b}) = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| \cdot |\vec{b}|}$. Используя формулы для скалярного произведения векторов и длины вектора в координатах, получаем уравнение:

$$\frac{1 \cdot (-4) + (-4) \cdot y + 8 \cdot 7}{\sqrt{1^2 + (-4)^2 + 8^2} \cdot \sqrt{(-4)^2 + y^2 + 7^2}} = \frac{8}{27},$$

или $\frac{10-y}{\sqrt{y^2+65}} = \frac{2}{3} \Leftrightarrow \{y < 10\ y^2 - 36y + 128 = 0 \Leftrightarrow y = 4.$

Напомним используемые при решении задачи формулы. Пусть вектора $\vec{a}$ и $\vec{b}$ заданы своими координатами $\vec{a}\{x_1;\ y_1; z_1\}$, $\vec{b}\{x_2;\ y_2; z_2\}$. Тогда $\vec{a}\vec{b} = x_1x_2 + y_1y_2 + z_1z_2$, $|\vec{a}| = \sqrt{{x_1}^2 + {y_1}^2 + {z_1}^2}$

Ответ: 4

Задание 13. (5 баллов)

Контролируемые требования к проверяемым умениям:

Умение решать задачи с применением комбинаторики

Уровень сложности – повышенный

Текст задания демоварианта

Алиса делает слоеный салат, выкладывая слоями горбушу, яйца, огурцы, свеклу, картофель и зелень. Сколько различных салатов можно создать при условии, что картофель и свекла не должны быть одновременно в трех верхних слоях? (Различные салаты отличаются порядком слоев.)

Краткая теоретическая справка

Правило произведения: Если объект *A* можно выбрать *n* способами, а после каждого такого выбора другой объект *B* можно выбрать (независимо от выбора объекта *A*) *m* способами, то упорядоченную пару объектов *(A;B)* можно выбрать $m \cdot n$ способами.

Правило суммы: Если объект *A* можно выбрать *n* способами, а другой объект *B* можно выбрать *m* способами, то выбор «либо *A*, либо *B»* можно осуществить $m+n$ способами.

Следует отметить, что при применении правила суммы необходимо, чтобы ни один из способов выбора объекта *A* не совпадал ни с одним из способов выбора объекта *B*.

Кроме этих двух основных правил в комбинаторных задачах часто встречаются некоторые стандартные выборки: перестановки, сочетания, размещения. Несмотря на то, что они являются прямыми следствиями основных правил, полезно знать определения этих выборок и соответствующие им формулы. Все эти выборки могут рассматриваться как с повторяющимися элементами, так и без повторений. Рассмотрим выборки без повторений элементов.

– Сочетания без повторений из *n* элементов по k элементов – наиболее часто встречающаяся в прикладных задачах выборка, используется в случае, когда необходимо рассчитать, сколькими способами можно из множества, содержащего *n* элементов, выбрать *k* элементов, *не учитывая* в каком порядке будет осуществляться выбор. Число способов осуществить подобный выбор обозначается C_n^k, вычисляется по формуле $C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}$

– Размещения без повторений из *n* элементов по k элементов. Используется в случае, когда необходимо рассчитать, сколькими способами можно из множества, содержащего *n* элементов, выбрать *k* элементов, *учитывая* в каком порядке будет осуществляться выбор. Число способов осуществить такой выбор обозначается A_n^k, и вычисляется по формуле $A_n^k = \frac{n!}{(n-k)!}$

– Перестановки. Используется для вычисления числа способов переставить местами элементы множества, содержащего n элементов. Число перестановок обозначается P_n, вычисляется по формуле $P_n = n!$

Решение задания

Всего различных салатов из 6 компонентов можно сделать 6! = 720 (это число перестановок множества из 6-и элементов). Найдем количество салатов, в которых картофель и свекла находятся в трех верхних слоях. Количество способов добавить к ним в три верхних слоях ещё один компонент равно 4(число оставшихся ингредиентов), перестановок верхних слоев 3! = 6, то есть комбинаций для верхних слоев 24. Число перестановок в нижних слоях 3! = 6. То есть всего «неправильных» салатов 144. Вычитая из 720 144, получим 576.

Ответ: 576

Задание 15. (5 баллов)

Контролируемые требования к проверяемым умениям:

Решать задачи на начала математического анализа

Уровень сложности – повышенный

Текст задания демоварианта

Дом фермера находится в поле на расстоянии 4 км от дороги. Фермер передвигается на квадроцикле, скорость движения которого по полю равна 30 км/ч, по дороге – 50 км/ч. Пусть А – точка на дороге, ближайшая к дому фермера. Фермер должен попасть в поселок, который находится на дороге на расстоянии 15 км от точки А.

По какой траектории должен двигаться фермер, чтобы время, затраченное на путь от дома до поселка, было минимально. В ответе укажите, какой путь фермер проедет по дороге при условии, что дорога прямая.

Для выполнения задания необходимо

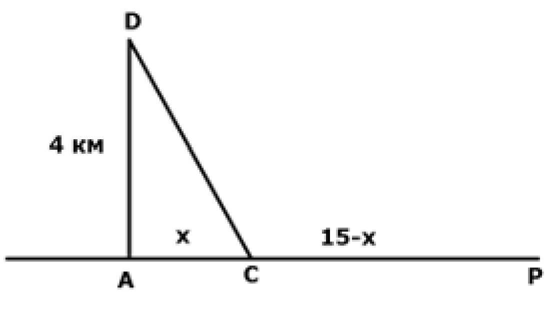
- уметь составлять математические модели задач;

- знать формулы и уметь находить производные основных функций, знать и уметь применять формулы дифференцирования;

- уметь применять первую производную для исследования функций, понимать связь между значениями производной и поведением функции.

Решение задания

В первую очередь при решении подобных задач необходимо ввести переменную и указать область её изменения. Рассмотрим точку C, расположенную на дороге, в которую направится фермер, и обозначим за x расстояние от точки A до точки C, отложенное в сторону посёлка (точка P). Если мы возьмём точку C между точкой A и посёлком (что вполне логично), то $x \geq 0$, если в противоположной стороне, то $x < 0$.



Тогда длина пути по полю равна длине отрезка CD, которую можно рассчитать по теореме Пифагора $CD = \sqrt{DC^2 + AC^2} = \sqrt{x^2 + 16}$, а путь по дороге равен длине отрезка $PC = 15 - x$. Тогда общее время равно $\frac{\sqrt{x^2+16}}{30} + \frac{15-x}{50}$. Рассмотри функцию $f(x) = \frac{\sqrt{x^2+16}}{30} + \frac{15-x}{50}$. Нужно найти наименьшее значение этой функции. Вычислим производную $f^{/}(x) = \frac{1}{10}\left(\frac{x}{3\sqrt{x^2+16}} - \frac{1}{5}\right)$ (для нахождения производной первого слагаемого нужно воспользоваться правилом нахождения производной сложной функции).

Далее найдем критические точки функции, для чего приравняем производную к 0, и решим соответствующее уравнение $\frac{x}{3\sqrt{x^2+16}} - \frac{1}{5} = 0$. Его корнем является число 3 (не забудьте, что при возведении обеих частей в квадрат могут появляться посторонние корни, поэтому число -3 корнем уравнения не будет). При $x > 3$ производная положительна, а при $x < 3$ отрицательна (это можно определить подстановкой конкретных значений переменной), значит при $x > 3$ функция возрастает, а при $x < 3$ – убывает и $x = 3$ является точкой локального минимума функции. Так как точка минимума единственная, в ней и достигается наименьшее значение функции. Ответом на вопрос задачи является длина отрезка $CP = 12$.

Ответ: 12

Раздел 3. Методические рекомендации по решению задач по предмету “Информатика”

Задания по предмету “Информатика” представлены тремя заданиями: два задания базового уровня сложности, одно задание повышенного уровня сложности.

Задание 6. (3 балла)

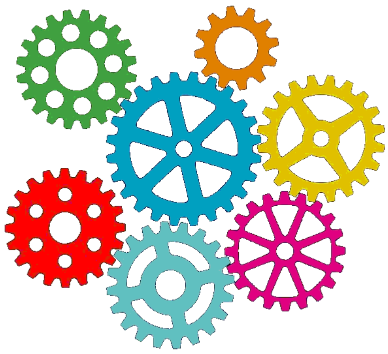
Контролируемые требования к проверяемым умениям:

Использовать графы и деревья при описании объектов и процессов

Уровень сложности – базовый

Текст задания демоварианта

Известно, что два зубчатых колеса, входящие в зацепление своими зубьями вращаются в противоположные стороны. В представленной таблице содержится информация о том, какие из семи зубчатых колес входят в зацепление друг с другом. Зубчатое колесо №3 пытаются провернуть по часовой стрелке. В какую сторону будут вращаться зубчатые колеса №1 и №7? В ответ подряд запишите две цифры: направление вращения зубчатого колеса №1 и №7 (1 – вращается по часовой стрелке, 2 – вращается против часовой стрелки, 0 – неподвижна).



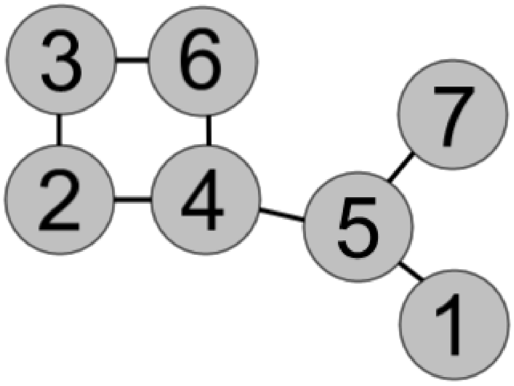
	1	2	3	4	5	6	7
1					*		
2			*	*			
3		*				*	
4		*			*	*	
5	*			*			*
6			*	*			
7					*		

Для выполнения задания необходимо

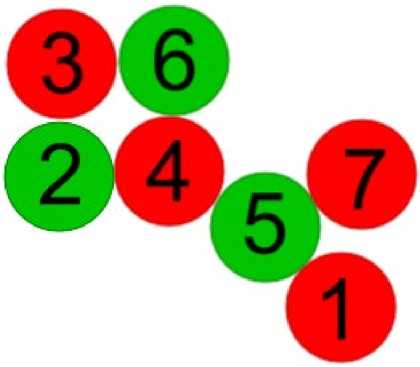
Для решения данной задачи учащемуся необходимо иметь понятие о графах и способах их представления, в том числе в памяти компьютера.

Решение задания

Построим граф, соответствующий приведенной таблице:



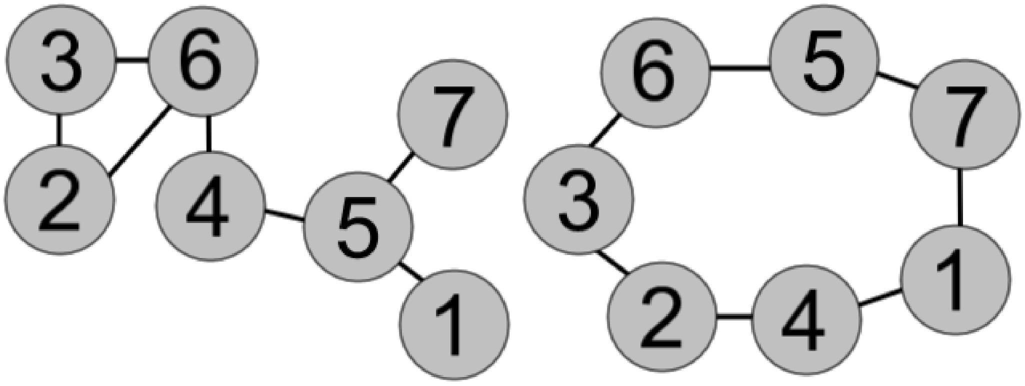
Так как вершинам графа соответствуют зубчатые колеса, соприкасающиеся друг с другом, то граф можно представить в следующем виде:



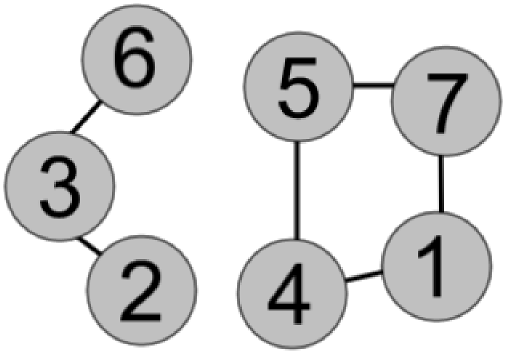
Обозначим красным цветом зубчатые колеса, которые вращаются по часовой стрелке (начиная с №3), а вращающиеся против часовой стрелке – зеленым цветом. Из рисунка видно, что зубчатые колеса 7 и 1 окрашены красным цветом, следовательно, они вращаются по часовой стрелке. Ответ данной задачи **11**.

Следует обратить внимание на случаи, когда зубчатые колеса не вращаются. Это может произойти в двух случаях:

1) Когда система зубчатых колес заклинена. Это происходит, если какое-либо зубчатое колесо находится в зацеплении с двумя колесами, вращающимися в разные стороны, как показано на рисунках:



2) Когда колесо, направление вращение которого нужно найти в задаче вообще не соединяется с колесом №3 (граф несвязный), как показано на рисунке:



Ответ: 11

<u>Задание 8</u>. (3 балла)

Контролируемые требования к проверяемым умениям:

Измерять количество информации, используемое при кодировании

Уровень сложности – базовый

Текст задания демоварианта

У самолета Boing-737 отказали системы радиосвязи и выпуска шасси. Для успешной посадки пилотам необходимо сообщить диспетчеру код аварийной ситуации. В аварийной таблице закодированы отказы 25 различных систем. Отказ любой системы кодируется минимальным количеством битов. Для передачи информации пилоты решили использовать иллюминаторы пассажирского салона (его можно прикрыть шторкой, или оставить открытым). Какое минимальное количество иллюминаторов потребуется, чтобы передать информацию об отказе двух систем?

Для выполнения задания необходимо

Иметь понятие о двоичном кодировании информации с помощью битов.

Решение задания

При двоичном кодировании с помощью 1 бита можно закодировать 2 любых объекта, события, явления и т.д. Для кодирования большего числа объектов требуется больше битов. Максимальное количество объектов, которое можно закодировать с помощью n битов равно 2^n. Таким образом, для кодирования отказа одной из 25 систем потребуется 5 битов. Четырех битов недостаточно, потому что ими можно закодировать только 16 систем, а шестью битами можно закодировать 64 системы, но это количество битов не является минимальным.

Так как в нашей задаче одному биту соответствует один иллюминатор, то ответом будет 10 иллюминаторов, потому что требуется закодировать отказ двух систем, а на кодирование отказа одной системы требуется 5 иллюминаторов (2х5=**10**).

Ответ: 10

Задание 14. (5 баллов)

Контролируемые требования к проверяемым умениям:

Измерять количество информации, используемое при кодировании

Уровень сложности – повышенный

Текст задания демоварианта

Строительная фирма «Восьмерочка» строит восьмиэтажные дома. Каждый дом имеет ровно 8 подъездов. При этом, количество квартир на каждой лестничной клетке также равно восьми. На подъездах еще не успели повесить таблички с номерами квартир. Новоселу выдали ключи и брелок №200 (номер квартиры). Помогите новоселу определить, в каком подъезде и на каком этаже он проживает. В ответ запишите подряд два числа без знаков препинания и иных разделителей: номер подъезда и номер этажа.

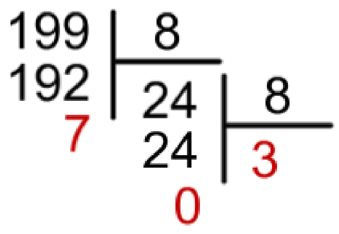
Для выполнения задания необходимо

Знать теорию о системах счисления, умение переводить из одной системы счисления в другую

Решение задания

Так как количество подъездов, этажей и квартир равно восьми, то номер квартиры можно представить в виде трехзначного восьмеричного числа, где младший разряд – номер квартиры, следующий разряд – номер этажа и старший разряд – номер подъезда. При переводе номера квартиры в восьмеричную систему счисления нужно помнить, что для получения корректного результата необходимо уменьшить номер квартиры на единицу (потому что нумерация квартир в доме начинается с единицы, а не с нуля), а полученные значения номера подъезда и этажа увеличить на 1 (потому что и подъезды и этажи также нумеруются с единицы). В итоге получим:

200-1=199. Переведем 199 в восьмеричную систему счисления



В результае получается число **307**, где тройка соответствует номеру подъезда (при нумерации подъездов с нуля), ноль – номеру этажа, а семь – порядковому номеру квартиры на этаже. Так как нумерация подъездов и этажей в доме начинается с единицы, то следует увеличить полученные значения на единицу. В результате правильный ответ **41**. (3+1, 0+1).

<u>Следует заметить</u>, что данную задачу можно решить и без применения перевода в восьмеричную систему счисления, а просто расписав расположение квартир в доме с помощью таблицы.

Ответ: 41

Раздел 4. Методические рекомендации по решению задач по предмету “Физика”

Задания по предмету “Физика” представлены шестью заданиями: три задания базового уровня сложности, три задания повышенного уровня сложности.

Текстовое задание, необходимое для решения первых четырех заданий демонстрационного варианта.

Физики из США и Японии впервые напрямую «увидели» преломление электронов под отрицательными углами — явление, аналогичное поведению света в средах с отрицательным коэффициентом преломления (Рис. 1). Необычный физический эффект наблюдался в графене, слое графита толщиной в один атом. По словам ученых, с его помощью можно добиться создания «электронных линз» на чипе, которые помогут сделать миниатюрными электронные микроскопы.

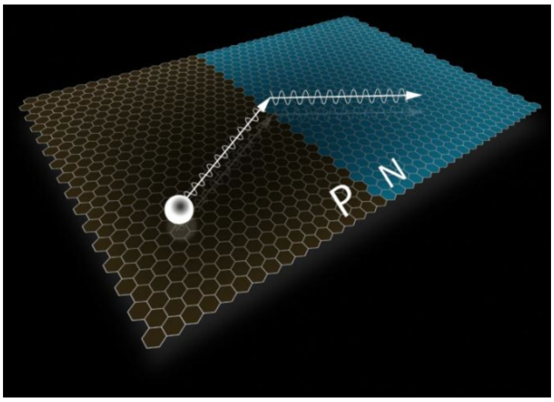


Рис.1. Изменение траектории электрона в среде с отрицательным коэффициентом преломления

Когда волны (например, света) пересекают границу двух сред, происходит явление преломления. Оно связано с тем, что скорость распространения волн в разных средах отличается — это изменяет направление луча света. Подобное изменение скоростей описывается с помощью показателей преломления — соотношений между скоростью света в среде и вакууме. Угол, под которым преломляется луч света, определяется из отношения показателей преломления.

Около полувека назад советский физик Виктор Веселаго описал оптические свойства среды, у которой показатель преломления был бы отрицательным. Эта работа была чисто теоретической и предсказывала необычные свойства у таких объектов. Например, плоская пластинка из такого материала могла сфокусировать свет, испущенный точечным источником.

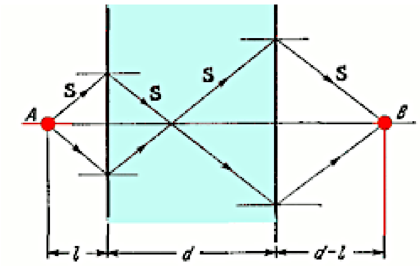


Рис. 2. Плоскопараллельная пластина из материала с отрицательным показателем преломления работает как фокусирующая линза. А-источник света, В-его изображение

Чаще всего о коэффициенте преломления материала вспоминают тогда, когда рассматривают эффект преломлении света на границе раздела двух оптических сред. Данное явление описывается законом Снеллиуса: $n_1 \cdot \sin\alpha = n_2 \cdot \sin\beta$, где α – угол падения света, пришедшего из среды с показателем преломления n_1, а β – угол преломления света в среде с показателем преломления n_2. Для всех сред, которые могут быть найдены в природе, лучи падающего и преломленного света находятся по разные стороны от нормали, восстановленной к границе раздела сред в точке преломления. Однако если формально подставить в закон Снеллиуса $n_2<0$, то лучи падающего и преломленного света находятся по одну сторону от нормали (Рис.2).

Однако волновой природой обладают не только фотоны — кванты света. Точно так же, благодаря корпускулярно-волновому дуализму, могут вести себя и электроны. Оптические среды с отрицательным показателем преломления интересны не только самим фактом фокусировки света, но и разрешающей способностью получаемых линз. Для классических оптических приборов разрешение ограничено длиной волны света — из-за этого оптические микроскопы не позволяют наблюдать детали объектов размером менее 100 нанометров. Линзы Веселаго позволяют обойти этот предел. Также для этих целей используют устройства из метаматериалов – это композитные материалы, свойства которых обусловлены не столько индивидуальными физическими свойствами их компонентов, сколько их микроструктурой.

Задание 1. (3 балла)

Контролируемые требования к проверяемым умениям:

Анализировать предложенную текстовую информацию по таким разделам физики, как: «Оптика», «Элементы квантовой оптики» и «Физика атома», и делать выводы на ее основе

Уровень сложности – базовый

Текст задания демоварианта

Продолжите фразу: законом Снеллиуса описывают …

1) интерференцию света

2) дифракцию света

3) преломление света

4) дисперсию света

Решение задания

В тексте находим правильный ответ: преломление света.

Ответ: 3

Задание 2. (3 балла)

Контролируемые требования к проверяемым умениям:

Анализировать предложенную текстовую информацию по таким разделам физики, как: «Оптика», «Элементы квантовой оптики» и «Физика атома», и делать выводы на ее основе

Уровень сложности – базовый

Текст задания демоварианта

Продолжите фразу: отрицательные значения показателя преломления проводят к тому, что …

1) луч не преломляется

2) лучи падающего и преломленного света находятся по разные стороны от нормали

3) лучи падающего и преломленного света находятся по одну сторону от нормали

4) луч поглощается

Решение задания

В тексте находим правильный ответ: лучи падающего и преломленного света находятся по одну сторону от нормали.

Ответ: 3

Задание 3. (3 балла)

Контролируемые требования к проверяемым умениям:

Анализировать предложенную текстовую информацию по таким разделам физики, как: «Оптика», «Элементы квантовой оптики» и «Физика атома», и делать выводы на ее основе

Уровень сложности – базовый

Текст задания демоварианта

Какова скорость распространения желтого света в стекле с показателем преломления n=1,510? Ответ дайте в единицах 10^8 м/с с точностью до сотых. Скорость света в вакууме равна с = $2{,}998 \cdot 10^8$ м/с.

Решение задания

Скорость распространения желтого света в стекле с показателем преломления n=1,510 равна $V = c/n$ $=1{,}99 \cdot 10^8$ м/с.

Указание: вспомнить формулы для скорости света, длины волны и частоты волны в среде с показателем преломления и в вакууме.

Ответ: 1,99

Задание 4. (4 балла)

Контролируемые требования к проверяемым умениям:

Анализировать предложенную текстовую информацию по таким разделам физики, как: «Оптика», «Элементы квантовой оптики» и «Физика атома», и делать выводы на ее основе

Уровень сложности – повышенный

Текст задания демоварианта

Сколько раз преломляется луч света в плоскопараллельной пластине из материала с отрицательным показателем, чтобы сформировать изображение точечного источника?

Решение задания

На рис.2 в тексте видно, что луч света в плоскопараллельной пластине из материала с отрицательным показателем преломляется два раза на границах пластины.

Рассмотреть ход лучей в плоскопараллельной пластине из материалов с положительным и отрицательным показателями.

Ответ: 1,99

<u>Задание 9</u>. (5 баллов)

Контролируемые требования к проверяемым умениям:

Владеть навыками использования законов сохранения в механике

Уровень сложности – повышенный

Текст задания демоварианта

Два пластилиновых ежика, массами 35 г и 65 г, движутся навстречу друг другу вдоль одной прямой со скоростями 4,0 м/с и 7,0 м/с, соответственно. В результате соударения ежики слипаются. С какой по модулю скоростью покатятся ежики сразу после слипания?

Решение задания

Закон сохранения импульса при абсолютно неупругом ударе:

$$m_1\vec{V_1} + m_2\vec{V_2} = \left(m_1 + m_2\right)\vec{V}$$

Проектируем уравнение на прямую и находим модуль скорости, с которой покатятся ежики сразу после слипания:

$$V = \frac{m_2V_2 - m_1V_1}{m_1 + m_2} = 3{,}15 \text{ м/с.}$$

Указание: обратить внимание на использование закона сохранения импульса при абсолютно неупругом ударе в векторной форме. Уметь его использовать при движении в одном направлении и в перпендикулярных направлениях.

Ответ: 3,15

Задание 12. (5 баллов)

Контролируемые требования к проверяемым умениям:

Решать задачи на электростатику и постоянный электрический ток

Уровень сложности – повышенный

Текст задания демоварианта

При подключении проволоки сопротивлением 100 Ом к аккумулятору с сопротивлением 5 Ом выделяющаяся на проволоке мощность составляла 200 Вт. Затем проволоку разрезали пополам и одну половину еще раз пополам. Потом соединили полученные три части параллельно. Какая мощность в Вт будет выделяться на данном соединении при подключении к тому же аккумулятору?

Решение задания

Ток, протекающий через проволоку, в первом случае равен

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{r + R}$$

Выделяющаяся на проволоке мощность равна

$$P_1 = \frac{\varepsilon^2 R}{(r + R)^2}$$

Так как сопротивление куска проволоки прямо пропорционально его длине, то во втором случае сопротивление трех параллельно соединенных кусков проволоки (половина и две четверти) будет равно $R/10$. Тогда выделяющаяся на новом соединении мощность равна:

$$P_2 = \frac{\varepsilon^2 (R/10)}{(r + R/10)^2}$$

Отсюда находим

$$P_2 = P_1 \frac{(r+R)^2}{(r + R/10)^2}$$ =9800 Вт

<u>Указание:</u> обратить внимание на законы постоянного электрического тока и параллельное соединение сопротивлений.

Ответ: 9800