Методические рекомендации для учителей для теоретическому этапу Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» в номинации «ИТ- класс» по направлению «Робототехника» по предмету Физика

Введение

Индивидуальный вариант участника формируется автоматически во время проведения теоретического этапа Конкурса предпрофессиональных умений из базы конкурсных заданий. Индивидуальный вариант участника включает 10 заданий. На выполнение заданий теоретического этапа Конкурса отводится 90 минут. Задание считается выполненным, если ответ участника совпал с эталоном. Задания могут быть базовой или повышенной сложности. Для получения максимального балла за теоретический этап Конкурса необходимо дать верные ответы на все задания.

В расчетных задачах ответом является численное значение.

Чтобы избежать ошибок, связанных с округлением, рекомендуется сначала вывести расчетную формулу, выражающую искомую величину через известные, а только потом подставлять в нее численные значения. Затем следует выбрать наиболее близкий к полученному значению ответ из предложенных.

В настоящих рекомендациях приведены основные сведения необходимые для решения задач демонстрационного задания.

1. Системы исчисления

Для решения первой задачи, относящейся к информатике, учащийся должен повторить следующие темы: типы данных, операторы арифметических действий языка Си, циклы. Особо следует отметить арифметические операторы.

Например:

```
a = b + c;
x = y - z;
r = t * v;
s = k / l;
p = q % w;
```

Также нужно повторить операции инкрементации и декрементации. Например, следующие четыре строки увеличивают переменную x на 1:

```
x = x + 1;
++x;
x++;
x+=1;
```

Следует помнить, что при делении данных целочисленных типов результат тоже будет целочисленным, дробная часть отбрасывается. При этом распространённой ошибкой является мнение, что результат просто округляется.

Решение задачи возможно прямым анализом представленного кода, однако этот способ практически не реализуем из-за его сложности. Гораздо проще постараться разобраться в смысле тех действий, которые производятся в коде. Это возможно если учащийся уверенно владеет представлениями о позиционных системах счисления и о правилах перевода записи чисел из одной системы в другую.

```
int f(int n) {
    int k = 0;
    while(n > 0) {
        int d = n%2;
        k = 2*k + (1 - d);
        n = n / 2;
    }

    return k;
}
```

Анализ кода показывает, что в переменную d на каждой итерации записывается остаток от деления переменной n на 2 (*d=n%2*). Далее переменная n делится на 2 (*n=n/2*). Таким образом значения переменной d пробегают значения цифр двоичной записи числа n от младшего разряда к старшему. Осталось понять смысл операций в строчке *k=k*2+(1-d)*. Выражение *(1-d)* при применении к переменной, в которой заведомо содержится 0 или 1 приводит к инверсии: значение 0 меняется на 1, и наоборот. Операция *k=k*2* в двоичном представлении сводится к сдвигу разрядов двоичного числа влево. Получается, что двоичная запись числа k получается из двоичной записи числа n, если прочитать его в обратном порядке заменяя 0 на 1, и заменяя 1 на 0.

Осталось выяснить какие числа при двойном применении данной функции будут преобразованы сами в себя. Легко видеть, что если двоичная запись числа содержит в младшем разряде 0, то разрядность числа после преобразования будет такой же как у исходного числа n. Если же в младшем разряде находится 1, то она приведет к появлению 0 в старшем разряде, что уменьшит разрядность числа на 1. При обратном преобразовании уже не может быть получено исходное число.

Таким образом, двойное применение данной функции приведет к исходному числу только в том случае, когда оно изначально оканчивалось на 1.

2. Использование условных операторов

Для успешного решения задач олимпиады необходимо также повторить синтаксис условных операторов и работу с массивами.

```
int x, y;
x = y = 0;

for (int i = 0; i < n; i++) {
    if ((a[i] % 3) == 2) {
        x++;
    }
    if ((a[i] % 5) == 3) {
        y++;
    }
}
cout << x << ' ' << y << '\n';
```

Код, представленный в задаче демонстрационного варианта осуществляет перебор данных в заданном массиве, при этом значение переменных x и y инкрементируется при соблюдении следующих условий соответственно: 1) остаток от деления элемента массива на 3 равен 2; остаток от деления элемента массива на 5 равен 3.

Решение задачи сводится к простому перебору элементов массива и подсчету числа подходящих под условия элементов.

3. Решение неравенств в целых числах

В демонстрационном варианте олимпиады учащимся предложено решить неравенство $103 \cdot 3^x > 300 + 3^{2x}$ в целых числах. Проще всего решить эту задачу на всем множестве действительных чисел, а затем определить целые решения.

Рассмотрим уравнение 3^{2x}-103·3^x+300=0. Такого рода уравнения могут быть легко сведены к квадратному заменой t=3^x. Его решение стандартными методами дает ответ 3<t<100. Возвращаясь к исходной переменной, имеем 3<3^x <100. Функция y=3^x является возрастающей, это облегчает поиск целочисленных решений методом перебора: 2;3;4. Нужно обратить внимание, что в задаче требуется определить число целых решений.

4. Графическое решение неравенств

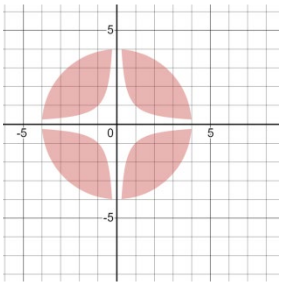
Это задание требует умения строить графики функций и решать неравенства графически. Рассмотрим пример из демонстрационного задания:

$$\begin{cases} |y| > \dfrac{1}{|x|}, \\ x^2 + y^2 < 16. \end{cases}$$

Решение первого неравенства требует раскрытия знаков модулей. Так как под знаком модуля стоят величины x и y, то очевидно, что нужно рассмотреть решение неравенства на каждом из четырех квадрантов системы координат отдельно. В первом и третьем квадранте граница области решения задается графиком гиперболы y=1/x. Во втором и в третьем – графиком y=-1/x. Во всех случаях квадрант разбивается графиком на две области. Определение нужной области сводится к проверке подстановкой.

Второе неравенство не должно вызвать трудностей, так как из школьного курса известно, что его решением является внутренняя часть круга с радиусом 4 и центром в начале координат.

Верный ответ приведен на рисунке



Поскольку задание имеет тестовый характер, для его решения достаточно лишь эскизно построить графики.

5. Основные законы магнетизма (сила Лоренца)

Эта задача требует рассмотрения движения заряженной частицы в плоскости перпендикулярной однородному магнитному полю. Нужно выбрать значение, которое ближе всех к радиусу окружности, по которой движется частица.

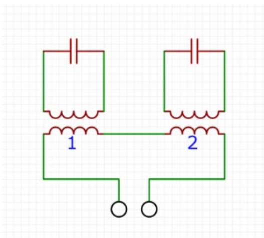
Сила Лоренца F = qvB = qv B sin 90° = qvB всегда будет направлена перпендикулярно векторам скорости и индукции магнитного поля, таким образом она сообщает заряду центростремительное ускорение $a = v^2/R$. Второй закон Ньютона запишется тогда следующим образом: $mv^2/R = qvB$, R - радиус окружности, по которой движется заряд. Отсюда радиус окружности равен: R = mv/qB.

Поскольку предложенные варианты ответов сильно отличаются по величине расчет можно проводить приблизительно.

6. ЭДС индукции

Это задание может вызвать значительные трудности, поэтому рассмотрим его более подробно:

Рассмотрите схему, представленную на рисунке. Известно, что значения магнитных потоков, проходящих через катушки 1 и 2, меняются по гармоническому закону: $\Phi_1 = 3 \cdot sin\left(9t - \frac{\pi}{3}\right)$, $\Phi_2 = 4 \cdot cos\left(9t - \frac{\pi}{3}\right)$. *Найдите максимальную разность потенциалов, которая возникает между клеммами в какой-то момент времени.*



Для упрощения анализа не стоит рассматривать процессы в колебательных контурах, достаточно только того, что заданы магнитные потоки через две катушки 1 и 2. По закону электромагнитной индукции ЭДС в каждой катушке будет равна производной от магнитного потока по времени. А так как катушки соединены параллельно, то напряения складываются. Имеем следующее выражение: $U\,(t) = \dot{\Phi}_1 + \dot{\Phi}_2 = 3 \cdot 9 \cdot cos\left(9t - \frac{\pi}{3}\right) - 4 \cdot 9 \cdot sin\left(9t - \frac{\pi}{3}\right) = 27cos\left(9t - \frac{\pi}{3}\right) - 36sin\left(9t - \frac{\pi}{3}\right)$, максимум которого и нужно найти.

Задача поиска максимума функции требует отыскания нуля производной по времени:

$$\dot{U}\,(t) = -27 \cdot 9 \cdot sin\left(9t - \frac{\pi}{3}\right) - 36 \cdot 9 \cdot cos\left(9t - \frac{\pi}{3}\right)$$

Приравнивая значение производной нулю легко получить $tg\left(9t-\frac{\pi}{3}\right)=-4/3$. Это условие определяет моменты времени, когда разность потенциалов будет максимальна или минимальна. Можно также установить Пользуясь тригонометрическими формулами можно показать, что есть два варианта:

1) $sin\left(9t-\frac{\pi}{3}\right)=-4/5$, $cos\left(9t-\frac{\pi}{3}\right)=\ 3/5$

2) $sin\left(9t-\frac{\pi}{3}\right)=4/5$, $cos\left(9t-\frac{\pi}{3}\right)=-3/5$,

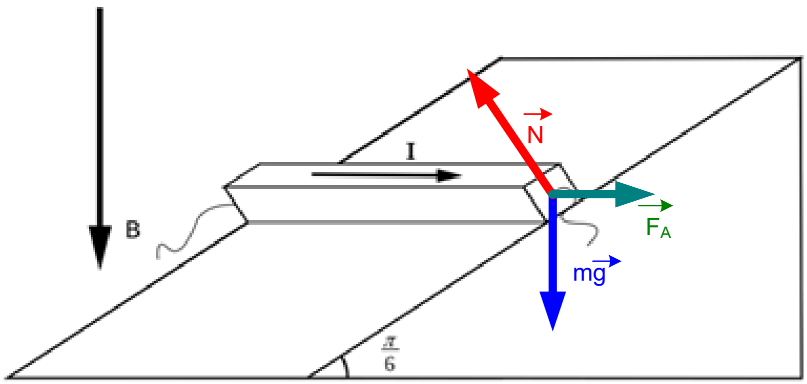
Подстановка этих значений в формулу для U(t) дает два значения: +45 и -45, одно из которых является минимальным значением функции, а другое максимальным. Ответом является значение 45.

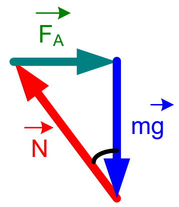
При решении этой задачи необходимо особенно внимательно выполнять дифференцирование, так как при этом возникает особенно много ошибок.

7. Сила Ампера

Условие: *Непроводящий клин лежит горизонтально в вертикальном однородном магнитном поле. Угол наклона клина равен π/6. На нём горизонтально лежит балка длиной 2 метра и весом 3 килограмма. Магнитная индукция поля равна 2 Тл. Трение отсутствует. Найдите минимальную величину силы тока, при которой балка не поедет вниз.*

Решение этой задачи требует знания условия равновесия тела, силы Ампера, умения строить чертежи с векторами сил.





1) На рисунке показаны силы, действующие на балку с током:

- сила тяжести mg направленная вертикально вниз;

- сила реакции опоры N направленная перпендикулярно к наклонной плоскости;

- сила Ампера FA направленная горизонтально вправо, что вытекает из правила левой руки.

Обратите внимание, что сила трения отсутствует.

2) Модуль силы Ампера рассчитывается по формуле F_A=I B L, где I – значение силы тока в балке, B - значение магнитной индукции, L – длина балки.

3) Систему отсчёта, связанную с наклонной плоскостью, считаем инерциальной. Для решения задачи достаточно записать условие равновесия твердого тела, которое сводится к равенству нулю векторной суммы сил, действующих на него.

4) Обратите внимание, что векторы сил образуют прямоугольный треугольник. Отсюда следует, что $F_A = mg\ tg\ (\pi/6)$.

Дальнейшее решение не представляет трудностей.

Распространенные ошибки при решении задач на эту тему:

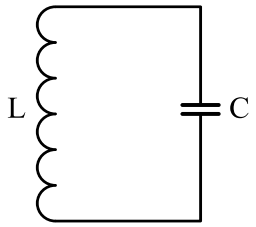
- Неверное определение направления силы Ампера

- Неверное сложение сил (без учета векторов)

- ошибки в определении нужного угла в прямоугольном треугольнике.

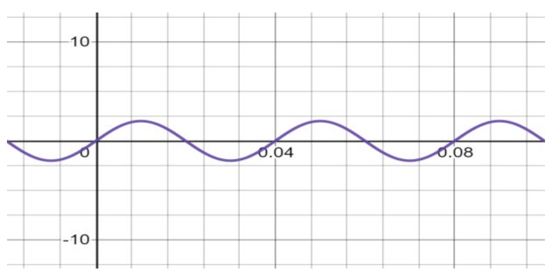
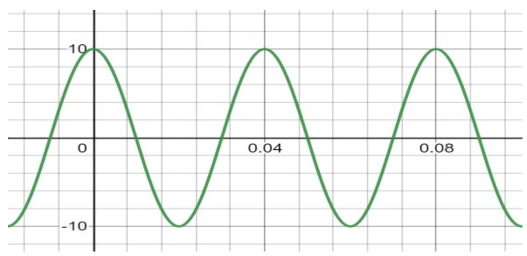
8. Колебательный контур.

Колебательный контур представляет собой соединение катушки индуктивности и конденсатора, показанное на рисунке.



В идеальном колебательном контуре отсутствует электрическое сопротивление (сопротивлением проводов пренебрегают). Из школьного курса физики известно, что колебания в таком контуре должны подчиняться гармоническому закону, при этом сдвиг фазы между колебаниями тока и напряжения составляет $\pi/2$. В этом задании учащимся предложены графики изменения тока и напряжения в контуре. С их помощью нужно определить амплитудные значения тока (I_0) и напряжения (U_0), а также период колебаний (T). Нужно отметить, что графики в задаче приведены с использованием единиц СИ.

Так как по условию нужно выбрать вариант ответа, ближайший к полученному ответу, то незначительные погрешности не приведут к ошибке в ответе. Например, нижеприведенные графики зависимостей тока и напряжения от времени должны быть интерпретированы следующие образом: I_0= 2A, U_0=10B, T=0,04 с.

I(t)	U(t)
	

Решение задачи сводится к решению системы уравнений, построенной с использованием двух законов:

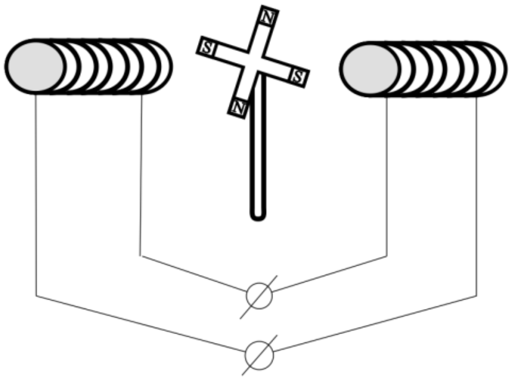
1) Формула Томпсона $T = \frac{1}{2\pi}\sqrt{LC}$

2) Закон сохранения энергии $\frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2}$

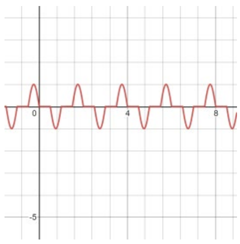
В этой задаче нужно особое внимание уделить единицам измерения физических величин. А также вспомнить определение периода гармонических колебаний.

9. Электрические генераторы

Электрическим генератором называю прибор, который преобразует энергию механического движения в электрический ток. Именно такие аппараты установлены в гидро- или ветроэлектростанциях. Механизмов для преобразования энергии известно много. В нашей олимпиаде мы сфокусируемся на тех из них, которые связаны с магнитными явлениями. Как известно при изменении магнитного потока через рамку в ней возникает ЭДС, равная производной магнитного потока по времени. Таким образом и работает генератор, показанный на рисунке. В задаче демонстрационного варианта предлагается определить график напряжения на клеммах катушек.



Мимо каждой из катушек проходит то северный полюс магнита, закрепленного на вертушке, то южный. Чтобы понять, какое напряжение будет создаваться на концах каждой катушки нужно представить себе эскиз графика магнитного потока через катушку. Когда полюс магнита проходит вблизи катушки поток остается почти постоянным, а ЭДС равна нулю. А когда полюс сменяется с одного на другой поток возрастает (или убывает), при этом ЭДС становится положительной или отрицательной. Таким образом можно заключить, что верным ответом является график, показанный на рисунке.



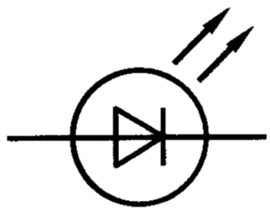
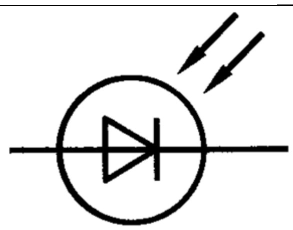
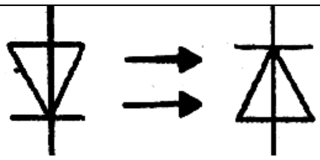
Важно отметить еще один практически важный случай. При вращении рамки в постоянном однородном магнитном поле, значение ЭДС будет изменяться по гармоническому закону.

10. Электрические схемы технических устройств

В заданиях олимпиады также оценивается знание учащимися условных обозначений основных элементов электрических цепей. В задании могут встречаться как хорошо известные из школьного курса физики элементы, такие как резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, батареи, так и специфические для электроники элементы, например, диод, стабилитрон, фотодиод, светодиод, оптопара. Обозначения этих элементов и их характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные элементы электрических цепей

Элемент	Обозначение	Свойства

Диод		Диодом называют прибор, пропускающий электрический ток только в одном направлении. Обозначение диода похоже на стрелку. Направление стрелки показывает возможное направление протекания тока.
Стабилитрон		Полупроводниковый прибор, работа которого при протекании тока в прямом направлении не отличается от диода. Однако при приложении обратного напряжения определенной величины происходит пробой перехода. Это явление используется для стабилизации напряжения в различных электрических цепях.
Светодиод		Светодиодом называют полупроводниковый диод с прозрачным корпусом. Этот прибор излучает свет при протекании тока в прямом направлении. Запомнить это обозначение просто – стрелки символизируют излучение света
Фотодиод		Фотодиод имеет прозрачное окошко и предназначен для работы в качестве премника оптического излучения. Когда прибор не освещен его вольт-амперная характеристика похожа на характеристику обычного диода. Запомнить это обозначение просто – стрелки символизируют поглощение света
Оптопара		Пара, состоящая из фотодиода и светодиода. Существует два вида оптопар: закрытая и открытая. В закрытой оптопаре оба полупроводниковых прибора находятся в одном корпусе. Этот элемент используется для передачи сигналов между цепями, где недопустимо электрическое соединение. Открытая оптопара позволяет установить наличие преграды между светодиодом и фотодиодом. Простейший пример – автоматический турникет, который определяет прохождение человека при помощи открытой оптопары, элементы которой находятся по разные стороны прохода. Отрытые оптопары часто используются в робототехнике – по сути, они заменят глаза робота, помогая ему определять, что происходит вокруг.

Знание всех этих условных обозначений позволит без труда решить это задание.