

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Московский государственный технический  
университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)

**Методические рекомендации для подготовки к прохождению  
теоретического этапа Московского конкурса  
межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис.  
Потенциал»  
в номинации «ИТ-класс» по единому направлению**

**Москва**

**2023 г.**

## Содержание

Введение.....	3
Содержание и структура варианта теоретического этапа.....	3
Спецификация заданий по физике .....	4
Методические рекомендации к решению заданий по физике демоварианта теоретического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал».....	7
Методические рекомендации по подготовке к решению заданий по физике по теме «Механические колебания» теоретического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» .....	12
Перечень необходимых общеучебных умений и навыков для успешного выполнения заданий базового уровня по физике теоретического этапа Конкурса.....	14
Анализ возможных ошибок при решении заданий по физике теоретического этапа Конкурса .....	15
Список источников .....	17

## **Введение**

Данные методические рекомендации предназначены для подготовки школьников ИТ-классов по физике к участию в теоретическом этапе Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» (далее – Конкурс) по информационно-технологическому направлению.

Теоретический этап Конкурса проводится в форме компьютерного тестирования. Материалы теоретического этапа предназначены для оценки уровня теоретической подготовки участников Конкурса. Задания относятся к трем образовательным областям, связанным со школьными предметами физикой, математикой и информатикой. На выполнение отводится 90 минут, в процессе предусмотрены две автоматические паузы продолжительностью по 5 минут в соответствии с санитарно-эпидемиологическими требованиями к условиям и организации обучения в общеобразовательных организациях.

### **Содержание и структура варианта теоретического этапа**

Индивидуальный вариант участника формируется автоматически из базы материалов и состоит из 10 заданий базового и повышенного уровня сложности. В работе имеются задания с кратким ответом и задания с выбором одного ответа из нескольких предложенных. Каждое задание оценивается в 4 или 8 баллов, в зависимости от уровня сложности. Максимально возможный балл за теоретический этап – 60 баллов. Для решения заданий можно использовать калькулятор и таблицу физических постоянных. Задание считается выполненным, если ответ участника совпал с эталоном. Участник может изменить свой ответ в процессе выполнения работы путём удаления и сохранения нового ответа к заданию. Для получения максимального балла за теоретический этап Конкурса необходимо дать верные ответы на все задания.

## Спецификация заданий по физике

Вариант теоретического этапа Конкурса для ИТ-классов содержит десять заданий, из них два задания по физике.

Одно задание базового уровня с кратким ответом, которое оценивается в 4 балла. Контролируемые элементы содержания (КЭС) этого задания относятся к теме «Механические колебания».

Второе задание относится к углубленному уровню, оно тоже с кратким ответом, оценивается в 8 баллов. Здесь контролируемые элементы содержания (КЭС) касаются темы «Постоянный электрический ток».

Задания с кратким ответом подразумевает работу над решением задачи на черновике, далее в систему вносится полученный ответ. При этом необходимо обратить внимание на необходимые единицы физической величины (они могут быть не обязательно в системе СИ, часто используются внесистемные единицы). Также в задании указывается необходимая точность округления.

Приведем выдержку, касающуюся заданий по физике, из обобщённого плана теоретического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» в номинации «ИТ-класс» по единому направлению:

№	Тип задания*	Предмет	Проверяемые КЭС за 10-11 класс	Уровень**	Контролируемые требования к предъявляемым умениям
1	КО	Физика	<p>Превращение энергии при гармонических колебаниях.</p> <p>Связь амплитуды колебаний исходной величины с амплитудами колебаний её скорости и ускорения</p>	Б	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- уравнение гармонических колебаний;</li> <li>- величины, характеризующие колебательный процесс;</li> <li>- закон сохранения механической энергии</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– решать задачи по нахождению величин, характеризующих гармонические колебания с использованием законов сохранения в механике</li> </ul>

№	Тип задания*	Предмет	Проверяемые КЭС за 10-11 класс	Уровень**	Контролируемые требования к предъявляемым умениям
4	КО	Физика	Постоянный электрический ток	У	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– закон Ома для участка цепи;</li> <li>– закон Ома для полной (замкнутой) электрической цепи;</li> <li>– последовательное, параллельное, смешанное соединение проводников;</li> <li>– правила Кирхгофа;</li> <li>– закон Джоуля – Ленца;</li> <li>– мощность электрического тока.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– находить силу тока, напряжение и выделяемую мощность на участке цепи;</li> <li>– использовать правила Кирхгофа</li> </ul>

\* ВО – задание с выбором ответа, КО – задание с кратким ответом.

\*\* Б – базовый, У – углубленный.

**Методические рекомендации к решению заданий по физике  
демоварианта теоретического этапа Московского конкурса  
межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис.  
Потенциал»**

Подробно остановимся на задании базового уровня с кратким ответом, которое оценивается в 4 балла по теме «Механические колебания». Для успешного решения этого задания требуется хорошо владеть следующими элементами содержания школьного курса физики:

- Колебательная система. Свободные колебания. Гармонические колебания. Период, частота, амплитуда и фаза колебаний;
- Пружинный маятник. Математический маятник;
- Уравнение гармонических колебаний. Кинематическое и динамическое описание колебательного движения;
- Превращение энергии при гармонических колебаниях. Связь амплитуды колебаний исходной величины с амплитудами колебаний её скорости и ускорения;
- Вынужденные колебания. Резонанс. Резонансная кривая. Автоколебания.

Рассмотрим решение задания по физике из демонстрационного варианта.

**Задание 1.** (Базовый уровень.) Пружинный маятник, расположенный горизонтально и имеющий период колебаний 2 с, оттянули на некоторое расстояние от положения равновесия и отпустили. Через какое время в процессе первого колебания потенциальная энергия деформированной пружины будет равна кинетической энергии колеблющегося тела? Результат выразите в секундах в виде десятичной дроби с точностью до сотых долей.

*Возможное решение.*

Пружинный маятник совершает гармонические колебания. Пусть масса колеблющегося тела равна  $m$ , а коэффициент жесткости пружины  $k$ . Из условия задачи ясно, что маятник начинает колебательный процесс из положения максимального отклонения. Выберем начало координат в положении покоя маятника. Тогда для координаты колеблющегося тела можем записать:

$$x(t) = A \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right),$$

где  $A$  – амплитуда колебаний;  $t$  – текущее время;  $T$  – период колебаний.

Запишем выражение для скорости колеблющегося тела, продифференцировав по времени выражение для координаты колеблющегося тела:

$$V(t) = -\frac{2\pi A}{T} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right).$$

Потенциальная энергия пружины равна

$$\Pi = \frac{kx^2(t)}{2} = \frac{kA^2}{2} \cos^2\left(\frac{2\pi t}{T}\right),$$

кинетическая энергия колеблющегося тела равна

$$K = \frac{mV^2(t)}{2} = \frac{4\pi^2 A^2 m}{2T^2} \sin^2\left(\frac{2\pi t}{T}\right).$$

Для определения момента времени, при котором потенциальная энергия деформированной пружины будет равна кинетической энергии колеблющегося тела, приравняем полученные выражения:

$$\frac{kA^2}{2} \cos^2\left(\frac{2\pi t}{T}\right) = \frac{4\pi^2 A^2 m}{2T^2} \sin^2\left(\frac{2\pi t}{T}\right).$$

Заметим, что для пружинного маятника, исходя из формулы периода

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}},$$

можно получить следующее выражение

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{k}{m},$$

а значит,

$$\begin{aligned}\cos^2\left(\frac{2\pi t}{T}\right) &= \sin^2\left(\frac{2\pi t}{T}\right), \\ \cos^2\left(\frac{2\pi t}{T}\right) - \sin^2\left(\frac{2\pi t}{T}\right) &= 0.\end{aligned}$$

Для дальнейшего решения задачи воспользуемся тригонометрическими преобразованиями. Нам потребуется формула двойного аргумента для косинуса

$$\cos^2(x) - \sin^2(x) = \cos(2x).$$

Следовательно,

$$\cos\left(\frac{4\pi t}{T}\right) = 0.$$

Из условия задачи следует, что нужно взять минимальное положительное значение корня этого уравнения:

$$\begin{aligned}\frac{4\pi t}{T} &= \frac{\pi}{2}, \\ t &= \frac{T}{8} = \frac{2}{8} = 0,25 \text{ с.}\end{aligned}$$

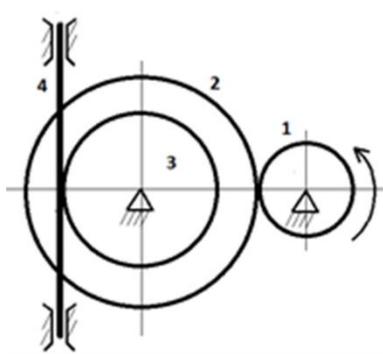
Обратим внимание, что в задании требуется выразить результат в секундах в виде десятичной дроби с точностью до сотых долей. То есть в данном примере никаких дополнительных округлений не требуется.

**Ответ:**  $t = 0,25$

В качестве дополнительного примера рассмотрим задание по теме «Механические колебания» из демонстрационного варианта Конкурса прошлого года.

**Задание 2** (базовый уровень)

Механизм состоит из зубчатого колеса 1, а также закрепленных на одной оси зубчатых колес 2 и 3. Оси колес закреплены и неподвижны. Колесо 1 приведено в зацепление с колесом 2, а с колесом 3 приведена в зацепление зубчатая рейка 4. Рейка



двигается в жестко закрепленных направляющих. Колесо 1 совершает колебательное движение, угол его поворота задается уравнением

$$\varphi(t) = 0,8 \sin 0,5t$$

(угловые величины выражены в радианной мере, время - в секундах). Определите модуль ускорения зубчатой рейки в момент времени  $t = 1,0$  с. Радиусы колес равны  $R_1 = 2$  см,  $R_2 = 8$  см,  $R_3 = 6$  см. Результат выразите в  $\text{мм}/\text{с}^2$  и округлите до трех значащих цифр.

*Возможное решение.*

Для решения задачи необходимо вспомнить формулу связи линейного и углового ускорения  $a = \varepsilon R$ , далее взять вторую производную от угловой координаты, чтобы найти угловое ускорение колеса 1 в любой момент времени.

Тогда модуль ускорения точки касания колес 1 и 2 равен

$$a_1 = a_2 = \omega^2 \varphi_0 R_1 \sin \omega t .$$

По условию  $\varphi_0 = 0,8$  рад,  $\omega = 0,5$  рад/с.

Исходя из анализа конструкции, можно утверждать, что у колес 2 и 3 одинаковые угловые ускорения в любой момент времени. Следовательно, модуль ускорения точки касания колеса 3 и рейки (а значит, и самой рейки) равен

$$a_3 = a_2 \frac{R_3}{R_2} = \frac{\omega^2 \varphi_0 R_1 R_3 \sin \omega t}{R_2} \approx 1,44 \frac{\text{мм}}{\text{с}^2}.$$

При записи ответа необходимо обратить внимание, что в задании требуется выразить его в определенных единицах с определенной точностью.

Ответ: 1,44 мм/с<sup>2</sup>.

Приведем еще один пример задачи на механические колебания.

**Задание 3.** Горизонтальная платформа совершает гармонические колебания в вертикальном направлении вместе с лежащим на ней грузом. Силы, с которыми груз давит на платформу в крайних нижнем и верхнем положениях, отличаются в  $n = 2$  раза. Найдите частоту колебаний, если их амплитуда составляет  $A = 6,8$  см. Принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

*Возможное решение.*

Груз совершает колебания в вертикальном направлении. Запишем второй закон Ньютона для груза в крайнем верхнем и нижнем положениях с учетом того, что ускорение груза направлено к положению равновесия.

$$-ma = N_1 - mg \quad (1)$$

$$ma = N_2 - mg \quad (2),$$

где

$$a = a_{\max} = A\omega^2.$$

Запишем отношение  $N_2$  к  $N_1$ :

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{a+g}{a-g} = n.$$

Следовательно,

$$a = \frac{n-1}{n+1} g,$$

то есть

$$A\omega^2 = \frac{n-1}{n+1}g.(3)$$

Из (3) находим циклическую частоту колебаний

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{A} \cdot \frac{n-1}{n+1}}.$$

Искомая частота колебаний при  $n = 2$  и  $A = 6,8$  см

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{A} \cdot \frac{n-1}{n+1}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{10}{0,068} \cdot \frac{2-1}{2+1}} = 1,1 \text{ Гц}.$$

Ответ:  $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{A} \cdot \frac{n-1}{n+1}} = 1,1 \text{ Гц}$

Рассмотренные примеры позволяют увидеть, что для успешного выполнения заданий Конкурса базового уровня по физике необходимо владеть не только предметными физическими знаниями школьного курса, но и хорошо знать формулы тригонометрии и уметь правильно брать производные.

**Методические рекомендации по подготовке к решению заданий по физике по теме «Механические колебания» теоретического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал»**

Механические колебания изучаются после рассмотрения всех средств описания механического движения. Естественно использовать эти средства для данного частного случая движения. В основном обращается внимание на кинематические характеристики колебаний: период, амплитуда и др. Но формула для механических колебаний получается с помощью закона сохранения энергии. Причем сначала изучается пружинный маятник, а затем по аналогии — математический. Аналогия основана на одинаковом поведении

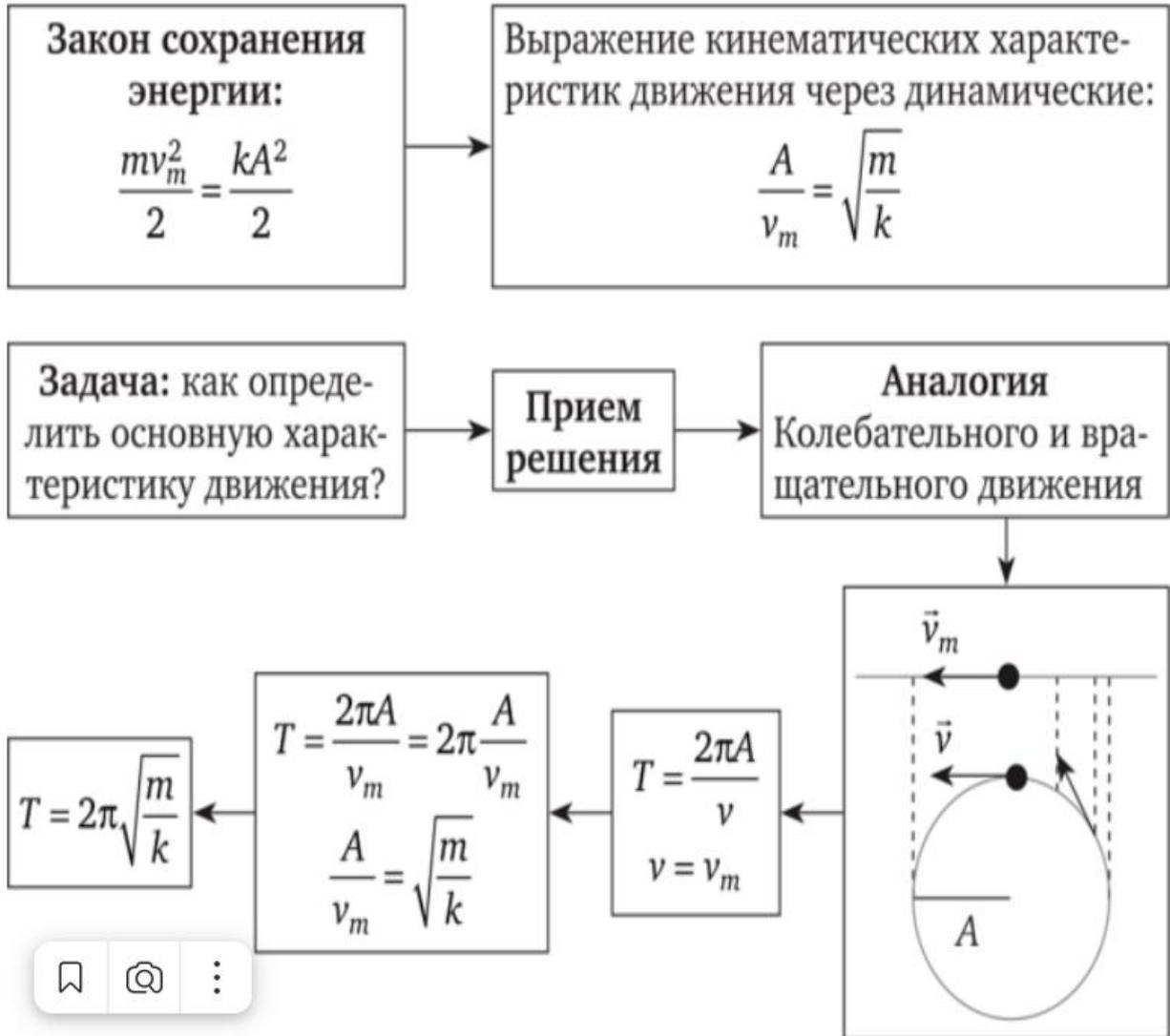
силы (сила упругости, результирующая сила), под «действием» которой происходит гармоническое колебание.

Таким образом эта тема включает в себя многие, ранее изученные разделы механики, и получается, что задания даже базового уровня основываются сразу на нескольких элементах содержания школьного курса физики.

Необходимые знания можно представить в обобщенном виде в таблице



## Энергетическое описание движения



### **Перечень необходимых общеучебных умений и навыков для успешного выполнения заданий базового уровня по физике теоретического этапа Конкурса**

Участники конкурса во время выполнения заданий теоретического этапа работают в условиях ограниченного времени, при этом им приходится выполнять задания, относящиеся к трем различным предметным областям: физике, математике, информатике. Во время такой работы немаловажное значение играют общеучебные умения и навыки, позволяющие успешно справляться с заданиями базового и углубленного уровня. Если в данном

контексте рассматривать подготовку к решению заданий по физике базового уровня, то можно выделить следующие пункты:

- умение выделять в вопросе главное;
- владение приемами решения задач, аналогичных ранее решенным;
- умение читать графики;
- умение провести необходимые расчеты или использовать полученные данные для выводов;
- верное использование единиц физических величин;
- навыки работы с физическими единицами системы СИ и внесистемными единицами.

### **Анализ возможных ошибок при решении заданий по физике теоретического этапа Конкурса**

При решении задач по физике теоретической части Конкурса учащиеся допускают ошибки, часть из которых можно назвать типичными.

1. Часто участники Конкурса не вполне понимают задание и делают ошибки, пытаясь действовать по шаблону. Для решения многих заданий необходимо рассмотреть ситуацию комплексно и применить знания из нескольких тематических разделов.

2. Часть заданий может быть представлена в непривычной для школьников формулировке, поэтому необходимо внимательно прочитать текст задания и его проанализировать. Для успешного выполнения заданий по физике теоретического этапа рекомендуется выполнять следующие шаги. Необходимо вникнуть в физическую ситуацию и вспомнить законы, её описывающие. Важно последовательно применить все необходимые законы и выполнить с ними математические действия.

3. При получении ответа часто бывают ошибки из-за того, что школьники не обращают внимание, в каких единицах он должен быть записан и с какой точностью. Во многих заданиях это принципиально важно.

## Список источников

1. Сайт Конкурса Интеллектуальный мегаполис <https://im.mcko.ru/potential.php>
2. Грачев А. В., Погожев В. А., Салецкий А. М., Боков П. Ю. Физика, 10 кл. М.: «Просвещение», 2021 г.
3. Грачев А. В., Погожев В. А., Салецкий А. М., Боков П. Ю. Физика, 11 кл. М.: «Просвещение», 2021 г.
4. Мякишев Г.Я., Синяков А.З. Физика. Колебания и волны. 11 кл. М.: Дрофа, 2019. 288 с.
5. Бутиков Е.И., Кондратьев А.С. и др. Физика в примерах и задачах М: МЦНМО, 2019 г.
6. Белолипецкий С.Н., Еркович О.С., Казаковцева В.А., Цветинская Т.С. Задачник по физике. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017.