

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>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - уравнение гармонических колебаний; - величины, характеризующие колебательный процесс; - закон сохранения механической энергии <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – решать задачи по нахождению величин, характеризующих гармонические колебания с использованием законов сохранения в механике

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

* 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:

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

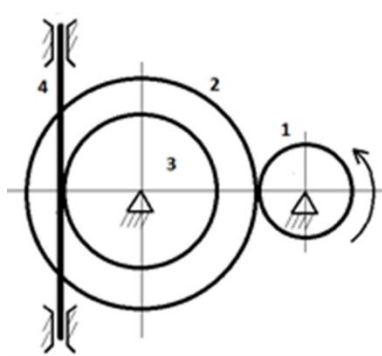
Обратим внимание, что в задании требуется выразить результат в секундах в виде десятичной дроби с точностью до сотых долей. То есть в данном примере никаких дополнительных округлений не требуется.

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/с².

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/с².

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

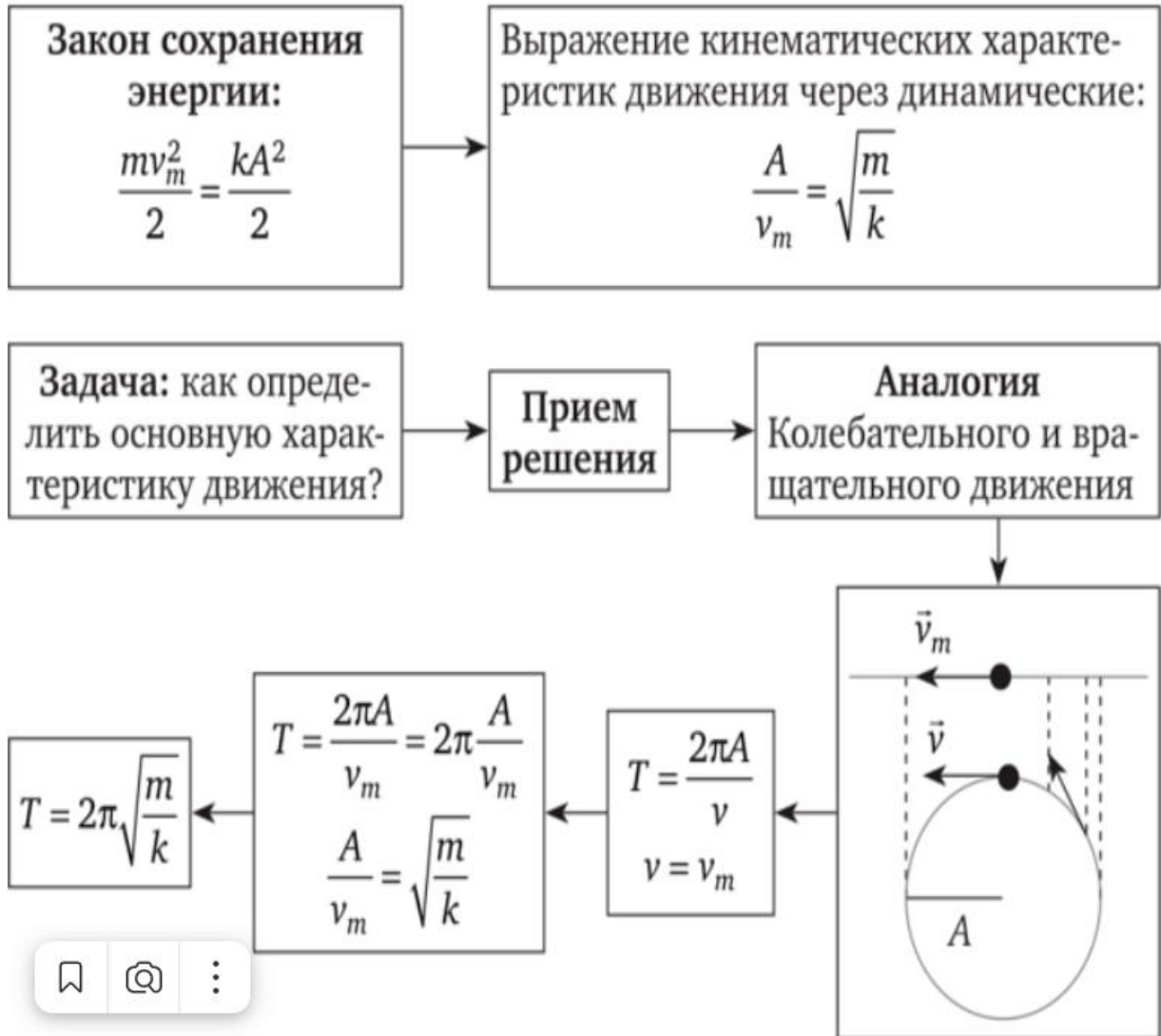
силы (сила упругости, результирующая сила), под «действием» которой происходит гармоническое колебание.

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.