



Республиканская физическая олимпиада 2024 года (Заключительный этап)

Экспериментальный тур

9 класс.

Прочтите это в первую очередь!

1. Полный комплект состоит из одного задания, на выполнение которого отводится пять часов.
2. Ознакомьтесь с перечнем оборудования – проверьте его наличие и работоспособность. При отсутствии оборудования или сомнении в его работоспособности немедленно обращайтесь к представителям оргкомитета.
3. Для Вас приготовлены Листы ответов, в которых отведены поля для занесения выводов формул, полученных результатов, комментариев по ходу выполнения работы. Для результатов измерений в Листах ответов подготовлены Таблицы, для построения графиков – их бланки. Листы ответов – это ваш чистовик. Для черновиков используйте чистые рабочие листы.
4. Так как ваши работы сканируются, пишите только на одной стороне всех листов. Подписывать листы запрещается.
6. В ходе работы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, калькулятор.



Желаем успехов в выполнении данных заданий!

Пакет содержит:

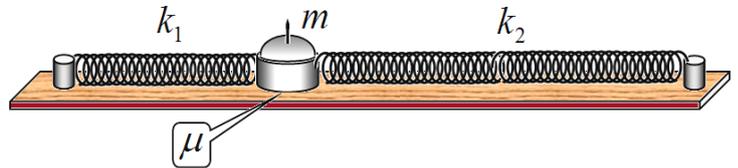
- титульный лист (1 стр.);
- условие экспериментального задания (3 стр.);
- листы ответов (6 стр.);

Экспериментальное задание. Зона застоя

В данном задании Вам предстоит исследовать некоторые эффекты, связанные с проявлением сил упругости и сил трения.

Приборы и оборудование: экспериментальная установка для изучения явления застоя.

Экспериментальная установка состоит из деревянной линейки с миллиметровой шкалой, на концах которой закреплены два упора. К упорам прикреплены две пружины.



К пружинам прикреплена

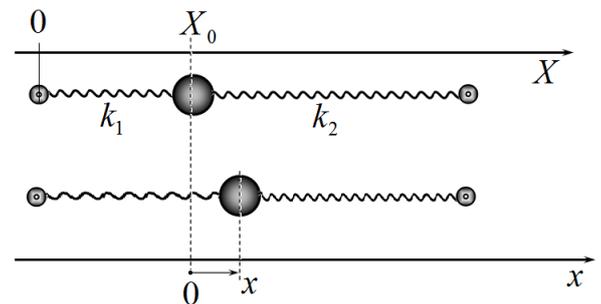
массивная шайба. Шайба может скользить по линейке. Пружины изготовлены из одного материала, жесткости пружин одинаковы, пружины отличаются только длиной. Обозначим жесткость короткой пружины k_1 , жесткость длинной пружины k_2 . Суммарная длина пружин нерастянутых меньше чем расстояние между упорами, поэтому в установке обе пружины растянуты. Массу шайбы обозначим m , коэффициент трения шайбы о линейку - μ .

Ускорение свободного падения считайте равным $g = 10 \frac{M}{c^2}$.

**Масса шайбы будет указана при выполнении работы.
Разбирать установку, снимать ее отдельные детали запрещено!**

Для описания положения шайбы на линейке введем две оси координат. Одна шкала X совпадает со шкалой на линейке.

Обозначим X_0 координату шайбы в положении равновесия, когда линейка расположена горизонтально. Строго говоря, эта точка является единственным положением равновесия шайбы, если пренебречь силой трения шайбы. Далее для краткости будем называть эту точку **положением равновесия**.



Вторая ось x также направлена вдоль линейки, но ее начало отсчета совпадает с положением равновесия шайбы, поэтому координата x является смещением от положения равновесия, она может принимать как положительные, так и отрицательные значения. Ось направлена в сторону длинной пружины.

Часть 1. Чисто теоретическая

В данной части считаем, что установка располагается горизонтально.

При смещении шайбы от положения равновесия на некоторую величину x на шайбу начинает действовать результирующая силы упругости (сумма сил упругости двух пружин). Обозначим удлинения пружин, когда шайба находится в положении равновесия, - Δl_1 и Δl_2 , соответственно.

1.1 Покажите, что проекция суммарной силы упругости, действующая на шайбу, при ее смещении на величину x определяется по формуле

$$F = -kx. \quad (1)$$

где k - постоянный коэффициент, который далее мы будем называть **жесткостью установки**.

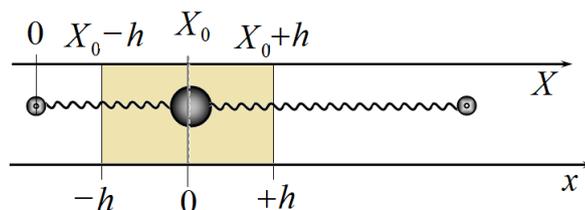
1.2 Выразите жесткость установки через значения жесткости обеих пружин k_1, k_2 .

1.3 Покажите, что изменение потенциальной энергии пружин ΔU при смещении шайбы на величину x может быть рассчитано по формуле

$$\Delta U = \frac{kx^2}{2}, \quad (2)$$

независимо от начальных деформаций пружин в положении равновесия Δl_1 и Δl_2 .

Наличие трения приводит к тому, что существует интервал координат $[X_0 - h, X_0 + h]$, в пределах которой шайба может находиться в покое. Эта область называется зоной застоя. Назовем величину h - полушириной зоны застоя.



1.4 Выразите полуширины зоны застоя h через жесткость установки k , массу шайбы m и коэффициент трения μ .

Если шайбу вывести из положения равновесия и отпустить, то она начнет двигаться вдоль линейки до остановки, при этом она может несколько раз изменить направление движения (совершать затухающие колебания). Обозначим координату начального положения шайбы x_S , а координату ее окончательной остановки x_F .

1.5 Постройте график зависимости координаты остановки шайбы x_F от ее начального положения x_S . При построении этого графика считайте известной только величину h (полуширину зоны застоя).

Получать общую формулу для зависимости $x_F(x_S)$ не требуется.

Часть 2. Экспериментальная - подготовительная.

Установку можно располагать произвольным образом (горизонтально, вертикально, под углом к горизонту).

2.1 Проведите необходимые измерения, на основании которых определите численные значения следующих характеристик установки:

- координату точки равновесия X_0 ;
- полуширину зоны застоя h ;
- жесткость установки k ;
- коэффициент трения μ .

Укажите, как Вы проводили измерения, какие величины непосредственно измеряли, по каким формулам рассчитывали параметры установки, полученные численные значения, оценку погрешности ваших измерений. Можете предложить (и обязательно реализовать) несколько методов определения этих величин. Порядок измерения параметров остановки может определять самостоятельно. Рекомендуется координаты точек измерять в мм.

Часть 3. Экспериментальная – зона застоя.

Проведите эксперимент, описанный вами теоретически в п. 1.5. В этом эксперименте установка должна располагаться горизонтально.

3.1 Отклоните шайбу на некоторое расстояние от положения равновесия (обозначьте начальную координату x_0) и отпустите. Измерьте координату точки останова x_F . Если в процессе движения шайба совершает несколько промежуточных остановок (т.е. совершает затухающие колебания), то измерьте координаты всех точек промежуточных остановок x_1, x_2, \dots

Результаты измерений занесите в Таблицу 1 в Листах ответов. Измерения проведите с шагом изменения x_0 не более 10 мм.

3.2 Постройте график полученной экспериментальной зависимости $x_F(x_0)$.

3.3 Сравните полученный график теоретической зависимостью:

- укажите наиболее существенные различия, укажите возможные причины полученных расхождений.

3.4 Рассчитайте максимальное ускорение, с которым двигалась шайба в ваших экспериментах

3.5 Для каждого значения x_0 рассчитайте, какой путь S прошла шайба до полной остановки и изменение энергии пружины в относительных единицах $\Delta \tilde{U}$.

3.6 Постройте график зависимости изменения потенциальной энергии пружин (в относительных единицах $\Delta \tilde{U}$) от пути пройденного шайбой.

Используйте все полученные экспериментальные данные. При расчетах не используйте значения жесткости k и коэффициент трения μ . Поэтому вам необходимо придумать величину пропорциональную энергии пружины, которую можно рассчитать на основе измерений координат. Результаты расчетов занесите в последние столбцы Таблицы 1.

3.7 Используя полученный график, рассчитайте численное значение величины $z = 2 \frac{\mu mg}{k}$.

Укажите смысл этой величины. Укажите, согласуются ли результаты этого эксперимента с результатами предыдущих экспериментов.

Листы ответов

Экспериментальное задание. Зона застоя

Часть 1. Чисто теоретическая

1.1 Доказательство формулы (1)

1.2 Жесткость установки

$k =$

1.3 Доказательство формулы (2)

1.4 Полуширина зоны застоя h (вывод формулы)

$h =$

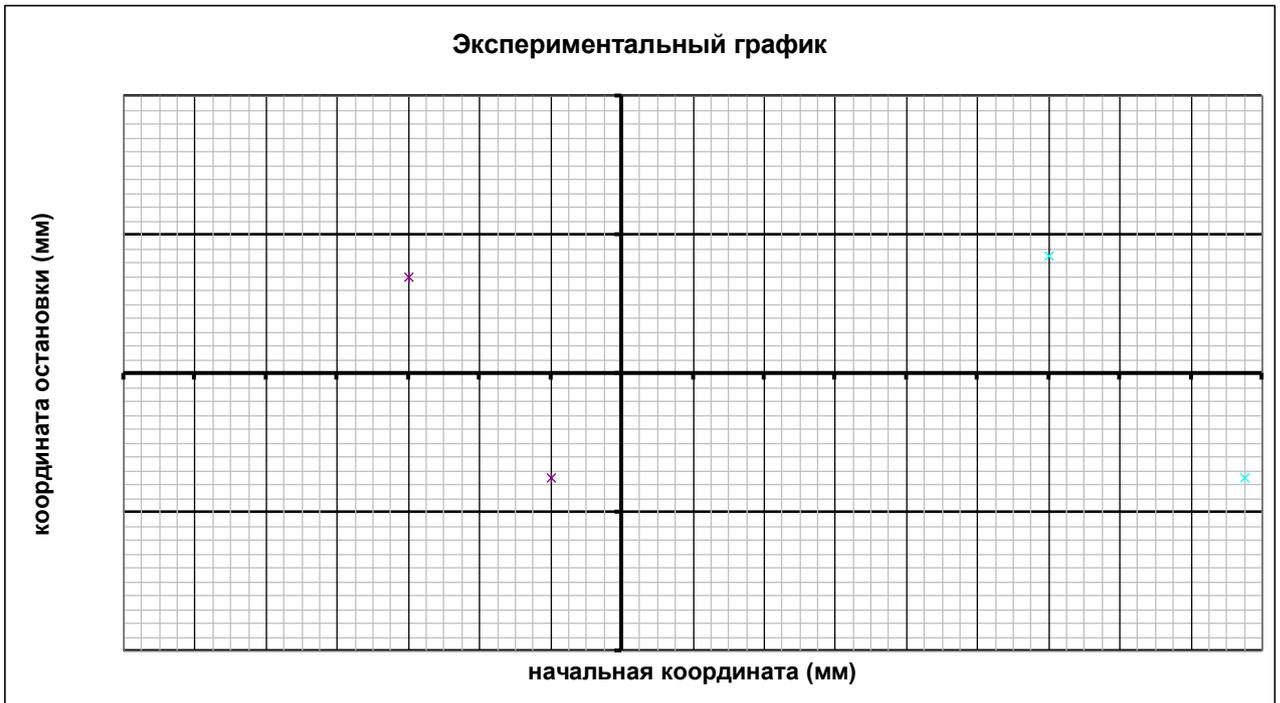
1.5 Построение схематического графика $x_F(x_S)$ (расчеты и вид графика)

Часть 2. Экспериментальная - подготовительная.

2.1 Измерение параметров установки.

Для каждого из указанных параметров (X_0 , h , k , μ), кратко укажите: какие величины Вы измеряли, результаты измерений, расчетные формулы, численные значения параметров. Проведите необходимые измерения, на основании которых определены численные значения следующих характеристик установки.

3.2 График полученной зависимости.



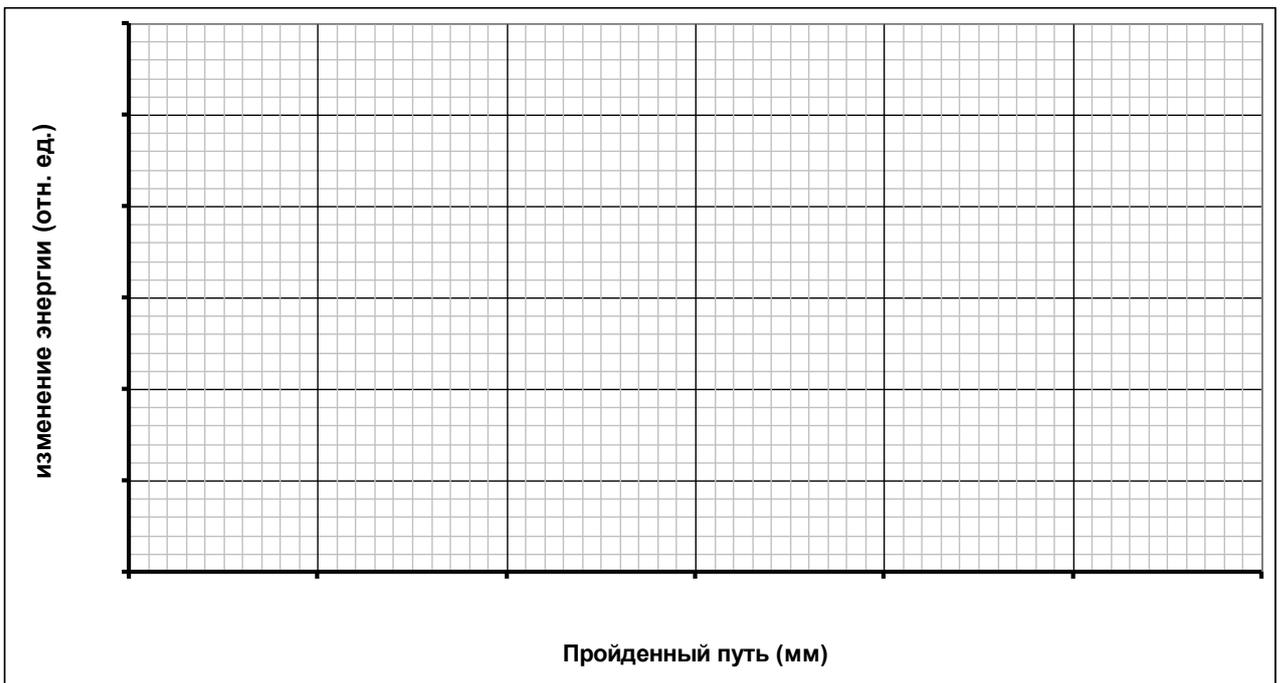
3.3 Сравнение с теоретической зависимостью. причины расхождений.

3.4 Максимальное ускорение (формула и численное значение)

$$a_{\max} =$$

3.5 Расчет пути S и изменения энергии $\Delta\tilde{U}$. Приведите расчетные формулы, численные результаты расчетов занесите в Таблицу 1.

3.6 График зависимости изменения потенциальной энергии пружин (в относительных единицах $\Delta\tilde{U}$) от пути, пройденного шайбой S .



3.7 Численное значение величины (метод расчета и численное значение)

$$\zeta =$$

Физический смысл этой величины.

Согласуются ли результаты этого эксперимента с результатами предыдущих экспериментов (поясните свой вывод)