

ЗАДАЧА 1. РУЛЕТКА

Задание: измерьте потенциальную энергию, запасенную в полностью растянутой рулетке.

Оборудование: рулетка, нить, штатив, груз известной массы, линейка, бумажная линейка, миллиметровая бумага для построения графиков

Решение:

Внешняя сила, равномерно растягивающая рулетку, уравнивается силой упругости намотанной внутри рулетки пружины, а также силой трения витков пружины друг о друга и о нить. Поэтому для того, чтобы найти запасенную энергию упругой деформации, необходимо разделить вклады силы упругости и силы трения в результирующую силу. Также нетрудно убедиться экспериментально, что зависимость силы упругости от величины растяжения нелинейна. Эти соображения приводят к необходимости измерения зависимости силы, действующей на привязанную к рулетке нить, от величины деформации в двух случаях: а) при растяжении рулетки и б) при сжатии рулетки. Полусумма площадей под графиками этих зависимостей будет равна энергии упругой деформации, а полуразность — работе силы трения при растяжении рулетки. Вычисление второй из этих величин требуется в аналогичной задаче 10 класса.

Разбалловка:

Описан метод определения силы:

А) подвес груза на нити при $F < mg/2$ ($F < mg$) — 1 балл

и Б1) подвес груза по центру нити (треугольник сил) при $F > mg/2$ — 1 балл

или Б2) наклонный подвес груза на рулетке ($F > mg$) — 1 балл

или В1) рычаг с учетом центра масс линейки при центральном подвесе — 2 балл

или В2) рычаг без учета массы линейки — 1 балл.

Выполнены измерения по возрастанию силы:

от 0 до 0.5Н — 1 балл

от 0.5 до 3Н — 1 балл

Выполнены измерения по убыванию силы:

от 3 до 0.5Н — 1 балл

от 0.5 до 0Н — 1 балл

Выполнены повторные измерения — 1 балл.

Данные собраны в таблицу — 1 балл.

Оценена погрешность — 1 балл.

Для 9 класса:

Построены графики зависимости силы от растяжения

по увеличению силы — 1,5 балла.

по уменьшению силы — 1,5 балла.

Определена энергия путем интегрирования полусуммы графиков — 3 балла.

Для 10 класса:

Построены графики зависимости силы от растяжения

по увеличению силы — 1 балл.

по уменьшению силы — 1 балл.

Определена энергия путем интегрирования полусуммы графиков — 2 балла.

Определена энергия, которую необходимо затратить для растяжения — 2 балла.

ЗАДАЧА 2. ОПТИЧЕСКИЙ ЧЕРНЫЙ ЯЩИК

Задание: в оптическом черном ящике находятся линза и зеркало. Не разбирая ящик, определите:

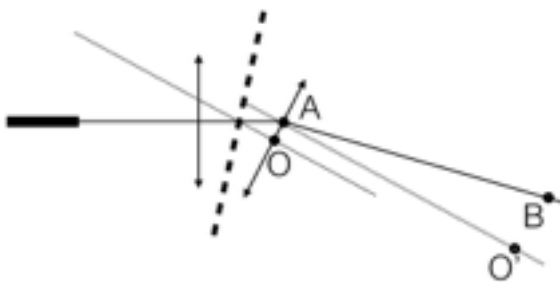
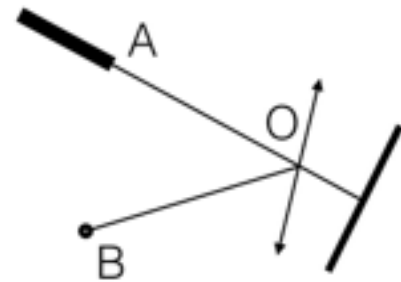
1. фокусное расстояние линзы
2. угол между оптической осью линзы и нормалью к зеркалу
3. расстояние между центром линзы и плоскостью зеркала

Оборудование: черный ящик, лазерная указка, лист миллиметровой бумаги, линейка, картон, ножницы и скотч по требованию.

Замечание: будьте аккуратны с черным ящиком, не роняйте его и не наносите пометки на поверхность линзы. Излучение лазера опасно для зрения. Не направляйте луч лазера в глаза себе и другим участникам.

Решение:

Для начала измерим угол между оптической осью линзы и нормалью к зеркалу. Для этого зафиксируем лазер при помощи картона и скотча на одном краю листа миллиметровой бумаги (точка А), установим линзу так, чтобы луч падал на её центр (точка О), и будем вращать ее до тех пор, пока отраженный от зеркала и прошедший обратно через линзу луч не совместится с лазером. Зафиксируем при этом точку В, лежащую на луче, отраженном от передней поверхности линзы. Измерив угол АОВ при помощи построения на миллиметровой бумаге, найдем искомый угол между линзой и зеркалом как $\alpha = \frac{1}{2}(\sphericalangle AOB)$.



Следующим шагом найдем F и расстояние между линзой и зеркалом. Направим луч лазера в центр линзы вдоль оптической оси (так чтобы отраженный от передней поверхности линзы луч совместился с лазером).

Отметим на миллиметровке точки О, А, В, и проведем через А прямую, параллельную оптической оси (ОО'). Расстояние между зеркалом и центром линзы тогда можно найти

как $d = |OA| / \sin(\alpha)$. Для нахождения фокусного расстояния, измерим угол $\sphericalangle BAO'$ при помощи построений на миллиметровке. Составим уравнение для изменения угла при прохождении зеркала в параксиальном приближении: $\theta' = \theta - x/F$, где x — расстояние от оптического центра линзы до точки, в которой луч пересекает плоскость линзы. Следовательно, фокусное расстояние можно найти как $F = |OA| / (2\alpha - \sphericalangle BAO')$.

Разбалловка:

Идея измерения угла по углу между двумя отражениями — 2 балла.

Прямые измерения длин, необходимые для вычисления угла — 1 балл.

Выполнены повторные измерения — 1 балл.

Получен результат для α — 1 балл.

Приведены схемы, описывающие ход лучей — 1 балл.

Описана методика измерения F и d — 1 балл.

Записано уравнение для изменения угла при прохождении линзы — 2 балла.

(или если линза с зеркалом представлена в виде линзы с $D=2/F$ — 1 балл)

Результаты прямых измерений — 1 балл.

Найдено d — 2 балла.

При измерении использован весь размер миллиметровки — 1 балл.

Найдено F — 1 балл.

ЗАДАЧА 1. РУЛЕТКА

Задание: измерьте потенциальную энергию, запасенную в полностью растянутой рулетке. Определите также энергию, которую необходимо затратить для того чтобы полностью растянуть рулетку.

Оборудование: рулетка, нить, штатив, груз известной массы, линейка, бумажная линейка, миллиметровая бумага для построения графиков

Решение и разабалловка: см. первую задачу 9 класса.

ЗАДАЧА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОРЕЗИСТОРА

Задание: измерьте зависимость сопротивления фоторезистора от интенсивности падающего на него света. Интенсивность света определите в относительных единицах, нормируя полученные значения к максимальному. Постройте зависимость на графике. Пользуясь полученным графиком, определите коэффициент пропускания света через данный кусок полупрозрачного материала.

Оборудование: фоторезистор с пенопластовым диском, омметр, источник света, черная бумага, белая бумага, линейка, миллиметровая бумага для построения графика, скотч и ножницы по требованию, кусок полупрозрачного материала.

Решение:

Для того чтобы изменять интенсивность света, падающего на фоторезистор, можно воспользоваться тем, что свет от источника распространяется равномерно в разные стороны. Следовательно, при удалении фоторезистора от источника, интенсивность падающего света вместе с телесным углом, под которым фоторезистор виден из источника, будет убывать квадратично. Поместим фоторезистор на пенопластовом основании в трубу из черной бумаги, и будем при помощи линейки проталкивать пенопласт внутрь трубы, измеряя при этом глубину линейкой, и сопротивление фоторезистор омметром. Если принять максимальную интенсивность (при расстоянии L_1 от фоторезистор до источника) за единицу, то интенсивность при других расстояниях можно вычислить как $I=(L_1/L_2)^2$.

Разбалловка:

Описание методики, позволяющей изменять интенсивность света, падающего на фоторезистор — 1 балл.

Идея изменения расстояния между фоторезистором и источником — 1 балл.

Обоснована квадратичная зависимость интенсивности от расстояния — 1 балл.

Формула для определения значений интенсивности — 1 балл.

Построен график сопротивления от интенсивности — 2 балла (или сопротивления от расстояния — 1 балл).

В установке учитывается изоляция от внешнего света — 1 балл.

Таблица измерений: >15 точек — 3 балла, >10 и <15 — 2 балла, >6 и <10 — 1 балл.

Измерения с полупрозрачной пластиной:

1 точка — 1 балл, 2-3 точки — 2 балла, >3 точек — 3 балла.

Результат для коэффициента пропускания — 1 балл.

Попадание в интервал $k = 0.4 - 0.6$ — 1 балл.

ЗАДАЧА 1. ТЕПЛОЕМКОСТЬ РЕЗИСТОРА

Задание: измерьте теплоемкость (в Дж/С) данного керамического резистора.

Для измерения температуры в данной задаче предлагается использовать термистор — элемент, сопротивление которого сильно зависит от температуры.

Оборудование: керамический резистор, термистор, источник постоянного тока, мультиметр, омметр, секундомер, стакан с водой.

Решение:

Так зависимость сопротивления термистора от температуры не дана, его можно использовать лишь для фиксации некоторых одинаковых значений температуры.

Подключим источник к резистору, а омметр — к термистору, измерим сопротивление, соответствующее изначальной температуре резистора. Подадим питание на резистор на фиксированный небольшой промежуток времени (измерим его секундомером). Измерим значение сопротивления, соответствующее конечной температуре. При помощи воды охладим резистор до первоначальной температуры и повторим измерение, на этот раз нагревая резистор вместе в водой до того же значения температуры, что и в первый раз.

Измерим при помощи секундомера время нагревания до конечной температуры.

Пренебрегая потерями тепла, можно записать закон сохранения энергии для двух опытов:

$$t_1 U^2 / R = C_R \Delta T,$$

$$t_2 U^2 / R = (\rho c V + C_R) \Delta T,$$

где U — напряжение источника, C_R — искомая теплоемкость резистора, R — сопротивление резистора, ρ , c , V — плотность, теплоемкость и объем воды. Измеряем объем воды при помощи миллиметровой шкалы, напряжение и сопротивление — при помощи мультиметра. Из полученных данных находим C_R .

Разбалловка:

Идея сравнения теплоемкости резистора с теплоемкостью воды — 1 балл.

Измерения времени нагрева резистора до температуры, фиксируемой по сопротивлению термистора — 2 балла.

Измерение времени нагрева резистора вместе с водой до той же температуры — 2 балла.

Измерение объема воды — 2 балла.

Запись уравнений теплового баланса — 1 балл.

Вывод выражения для C_R — 1 балл.

Выбрана небольшая разность температур (и небольшое напряжение) для уменьшения теплотерь — 1 балл.

Выполнены повторные измерения — 2 балла.

Оценка погрешности — 1 балл.

Результат попадает в диапазон 4–5 Дж/К — 2 балла (или попадает в диапазон 2–10 Дж/К — 1 балл).

ЗАДАЧА 2. КРУТИЛЬНЫЙ МАЯТНИК

Задание: Измерьте момент инерции крутильного маятника. Измерьте постоянную затухания маятника.

Момент инерции представляет собой меру инерции тела по отношению к вращательному движению. Момент инерции сплошного диска находится по формуле: $I = \frac{1}{2}mR^2$.

Оборудование: крутильный маятник со шкалой, дополнительный груз известной массы, секундомер, миллиметровая бумага.

Решение:

Для нахождения момента инерции маятника измерим период колебаний самого маятника, а также период колебаний маятника с дополнительным кольцом, надетым на ту же ось.

Момент инерции для крутильного маятника играет ту же роль, что и масса для маятника, состоящего из груза и пружины. Поэтому отношение квадратов периодов будет равно отношению моментов инерции маятников:

$$(T_1/T_2)^2 = I_M/(I_M + I_D).$$

Момент инерции диска можно найти, измерив внутренний и внешний радиус, и используя массу, написанную на диске.

Для измерения затухания следует измерить величины максимального отклонения на каждом из колебаний и построить график $\ln(x/x_0)$ от t . Угловой коэффициент этого графика будет равен коэффициенту затухания, взятому со знаком минус.

Разбалловка:

Выведена формула для момента инерции кольца — 2 балла.

Выведена формула для момента инерции крутильного маятника — 3 балла.

Выведена формула для коэффициента затухания — 2 балла.

Определены периоды колебаний с кольцом и без кольца, замер >5 периодов — 1 балл.

Таблица, многократные измерения — 1 балл.

Построен график зависимости амплитуды от времени, учтен сдвиг нуля — 1 балл.

Найден момент инерции крутильного маятника — 2 балла.

Оценка погрешности — 1 балл.

Найден коэффициент затухания — 1 балл.