

**Занятия 1-го полугодия по экспериментальной физике
в 8-м классе Олимпиадной школы МФТИ
(преподаватель к.ф.-м.н., доцент А.А. Лукьянов)**

Занятия 6/7/8-й недель

Название: НАХОЖДЕНИЕ ЦЕНТРОВ ТЯЖЕСТИ ФИГУР РАЗНОЙ ФОРМЫ

Цель работы: Нахождение центров тяжести плоских однородных пластин различной формы.

Оборудование: Несколько однородных пластин, линейка.

Теория. Определение: Центр тяжести – это такая точка тела, для которой моменты всех действующих на тело сил тяжести относительно любой оси, проходящей через эту точку, **В СУММЕ** обращаются в нуль независимо от ориентации тела.

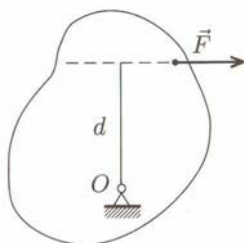
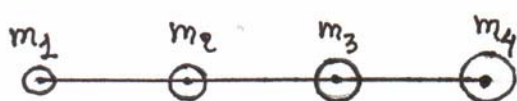


Рисунок к определению момента силы.

Моментом M силы \vec{F} (не обязательно силы тяжести) относительно оси O (см. рисунок; ось O направлена перпендикулярно рисунку) называют произведение модуля силы $F = |\vec{F}|$ на плечо d : $M = \pm Fd$, где

d – расстояние от оси до линии действия силы \vec{F} , причем, знак момента определяется выбором положительного направления вращения, – например, он считается положительным, если сила вызывает вращение тела по часовой стрелке.

Условия равновесия твердого тела: 1) Векторная сумма всех действующих на тело сил равна нулю и 2) алгебраическая (с учетом знаков) сумма моментов всех действующих на тело сил относительно любой оси равна нулю.



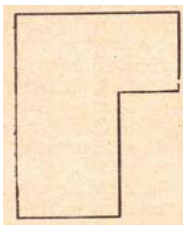
Задача 1. Шары массами $m_1 = 1$ кг, $m_2 = 2$ кг, $m_3 = 3$ кг и $m_4 = 4$ кг насажены на легкую спицу (см. рис.). Расстояние между центрами шаров $d = 20$ см. Определить положение центра

тяжести системы.

Задача 2. Определить положение центра тяжести тонкой однородной спицы (тонкой полосы).

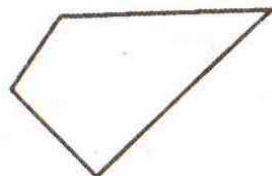
Задача 3 Геометрическим построением определить положение центра тяжести однородной пластины в форме прямоугольника.

ЗАДАНИЕ: Определить положения центров тяжести различных однородных геометрических фигур.



Опыт 1. Геометрическим построением найти центр тяжести прямоугольной пластины с вырезом в виде прямоугольника (см. рисунок).

Опыт 2. Геометрическим построением найти центр тяжести однородной пластины в форме произвольного треугольника.



Опыт 3. Геометрическим построением найти центр тяжести однородной пластины в форме неправильного четырехугольника.

Опыт 4 (главный опыт лабораторной работы). **ОПРЕДЕЛИТЬ ПОЛОЖЕНИЕ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ ПЛОСКОЙ КАРТОННОЙ ФИГУРЫ НЕПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ.**

Оборудование: Несколько однородных пластин, линейка, отвес (нитка с прикрепленным к ней грузиком)

Указание к опыту 4. Подвешиваем вырезанную из картона фигуру за какую-нибудь ее точку и, пользуясь отвесом, прочерчиваем первую вертикальную линию (см. рис.А). Далее подвешиваем фигуру за какую-то другую ее точку и прочерчиваем новую вертикальную линию (см. рис.Б). Центр тяжести фигуры лежит в точке пересечения двух прямых.

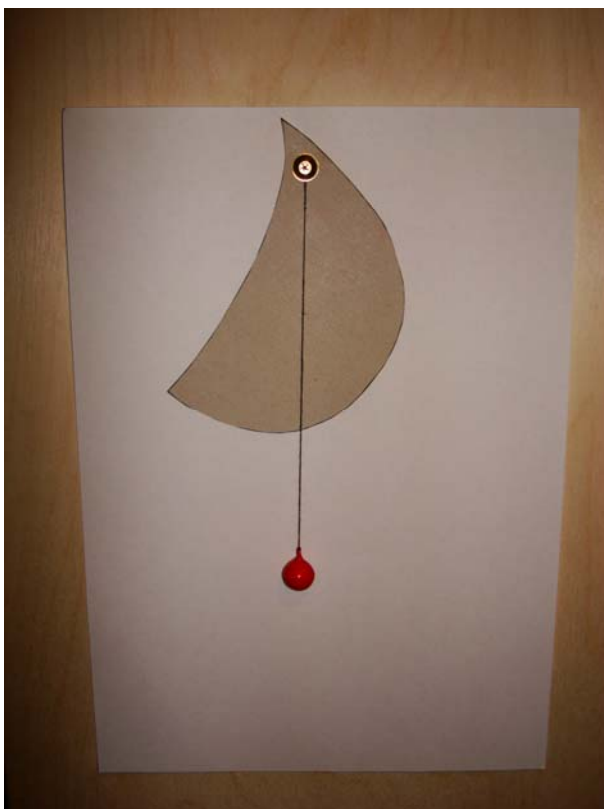


Рис.А к опыту 4

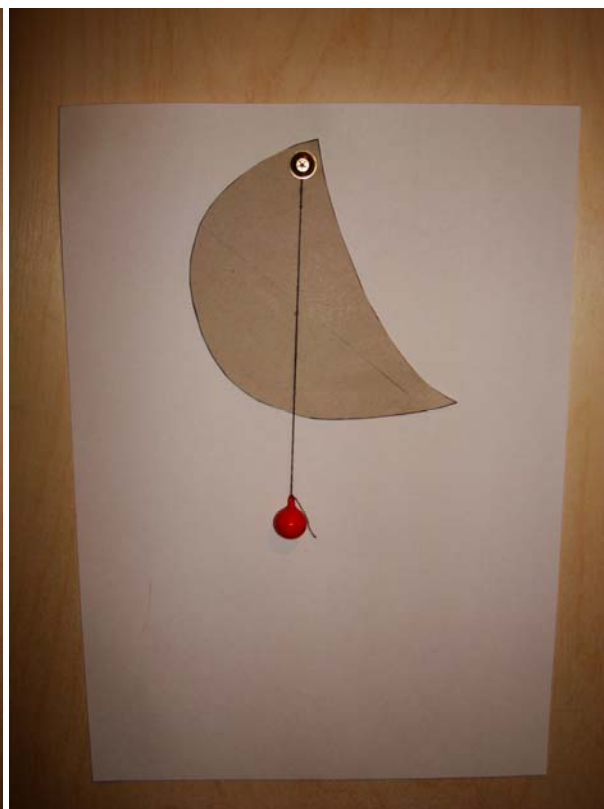


Рис.Б к опыту 4

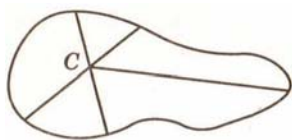
Для проверки лучше подвесить фигуру еще раз или два за другие точки и убедиться, что новые вертикали пересекутся с предыдущими прямыми в этой же точке.

Замечание к проведению эксперимента. Фигура не должна быть прикреплена к вертикальной досочке кнопкой, а должна свободно вращаться. Назначение кнопки – лишь фиксировать точку закрепления фигурки. Следите также за тем, чтобы сила трения между картоном и досочкой не мешала свободно вращаться фигурке. Для этого дайте фигурке несколько раз поколебаться вокруг оси кнопки.

Вопрос. Почему центр тяжести картонной фигурки лежит на прямой, задаваемой нитью? (Чему равен момент силы реакции, действующей на картонную фигурку со стороны кнопки, относительно точки подвеса? Чему равно плечо этой силы?)

Опыт 5. На столе лежит плоская фигура неправильной формы. Определить положение центра тяжести фигуры. Отвеса нет.

Рисунок к опыту 5.



Указание. Пробуйте класть фигуру неправильной формы на прямолинейный край стола и прочертите направления края в те моменты, когда фигура вот-вот начинает падать.

Опыт 6. Как определить положение центра тяжести палки (не обязательно однородной; м.б. с набалдашником), не пользуясь никакими инструментами?

Решение: Возьмите длинную линейку (длинную палку, длинный карандаш) и положите на вытянутые горизонтально пальцы обеих рук.

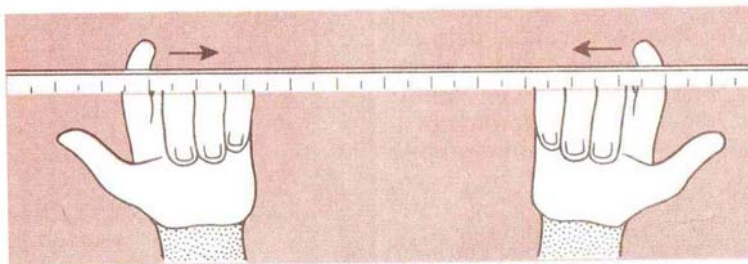


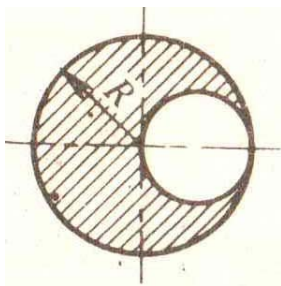
Рисунок к опыту 6

Приближайте теперь пальцы друг к другу так, чтобы линейка оставалась горизонтальной. Линейка станет скользить **поочередно** сначала по одному

пальцу, затем по другому. Для длинной линейки это будет повторяться много раз. В конце концов, пальцы сойдутся под центром тяжести линейки. Строго математически доказать это не просто. Но легко проверить на опыте: если подпереть линейку в точке, где сойдутся пальцы, то она окажется в равновесии. Это и доказывает, что пальцы сойдутся под центром тяжести линейки.

Попробуйте теперь раздвигать пальцы, – получится другой результат: линейка будет скользить лишь по одному пальцу.

Дополнительные задачи:



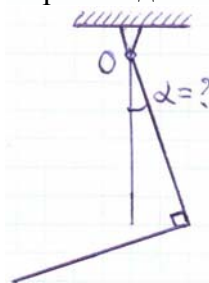
Задача 1. Определить положение центра тяжести тонкого однородного диска радиусом R , из которого вырезан круг радиусом $R/2$ (см. рисунок)

Задача 2. Определить положение центра тяжести однородного шара радиусом R , из которого вырезан шар радиусом $R/2$ (см. тот же рисунок).

Задача 3. Цепочка подвешена за два конца. Ученик взялся за нижнюю часть цепочки и потянул вниз. При этом образовался почти угол. Поднялся или опустился при этом центр тяжести цепочки?

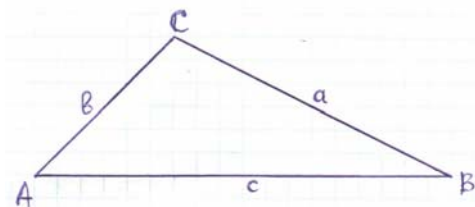
Дополнительные Задачи

Первая задача идейно близка к эксперименту 3 (с подвешиванием картонки).



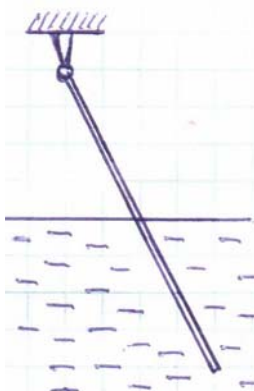
Задача 1. Прут (проволоку) изогнули пополам так, что его части образуют прямой угол (см. рис.) Прут подвешен за один из концов на шарнире. Какой угол образует с вертикалью верхняя часть стержня?
Ответ: $\alpha \approx 18,4^\circ$.

Следующая задача кажется похожей на Эксперимент 1 по нахождению центра тяжести однородной пластины в виде треугольника. Но решение ее совсем другое.



Задача 2. Доказать, что центр тяжести треугольника, сделанного из тонких однородных проволочек, совпадает с центром окружности, вписанной в треугольник, вершины которого лежат на серединах сторон данного треугольника.

Задача о том, к какой точке приложена выталкивающая сила.



Задача 3. Тонкая однородная палочка шарнирно укреплена за верхний конец. Нижняя ее часть погружена в воду. Палочка находится в равновесии, когда она расположена наклонно и погружена на половину своей длины. Чему равна плотность материала палочки?
Ответ: 750 кг/м^3

Литература

1. Лукьянов А.А. Нахождение центров тяжести плоских фигур разной формы // Потенциал, Март, 2015, № 3, с. 48-56