УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель начальника
главного управления по образованию
Брестского облисполкома
_____ А.Ф. Жук
«30» 10 2018

ВТОРОЙ ЭТАП РЕСПУБЛИКАНСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО УЧЕБНОМУ ПРЕДМЕТУ «ФИЗИКА»

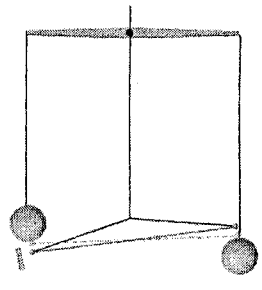
2018

X класс

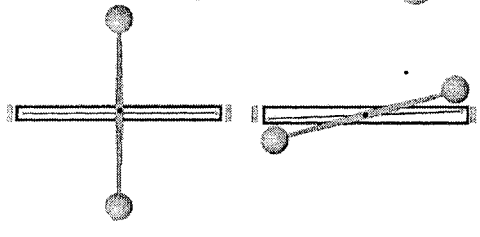
Примечание перед выполнением. Некоторые задачи содержат несколько пунктов. Иногда для решения последующего пункта не обязательно решить предыдущий. Поэтому, если вы не знаете, как решается данный пункт, можно попробовать решить следующий.

Задача 1. Опыт Кавендиша.

Прибор Кавендиша состоял из легкого горизонтального коромысла, на концах которого укреплялись два одинаковых свинцовых шарика массой m. Коромысло подвешивалось на тонкой проволоке. Вблизи свинцовых шариков помещались два больших свинцовых шара с массой M каждый, причем M>>m.



При взаимодействии масс возникают силы притяжения, поворачивающие коромысло с маленькими шарами в новое положение равновесия. Для закрученной проволоки выполняется закон Гука



$$M = f\alpha,$$

где f – модуль кручения проволоки, α – угол закручивания в радианах.

Модуль кручения определялся из периода крутильных колебаний коромысла на проволоке. Формула для него имеет вид, аналогичный формуле для периода колебаний пружинного маятника, где роль жесткости играет модуль кручения, а роль массы момент инерции I. Для данного случая момент инерции можно найти по формуле

$$I = \frac{ml^2}{2},$$

где l – расстояние между центрами маленьких шариков.

Характеристики установки, использованной Кавендишем: диаметр больших шаров 11,75 дюймов*, плотность свинца $11{,}35 \cdot 10^3$ кг/м^3, расстояние между центрами маленьких шариков l = 73,3 дюйма, период крутильных колебаний 14

минут 40 секунд. Расстояние между центрами больших и маленьких шаров при сближении 8,85 дюймов.

а) Считая, что Кавендиш получил значение гравитационной постоянной $G = 6{,}71 \cdot 10^{-11}$ м³/(кг·с²), вычислите угол закручивания. При этом не учитывайте притяжение шариков к дальним шарам и считайте, что сила притяжения шарика к большому шару при их сближении перпендикулярна коромыслу.

б) Считая Землю шаром диаметром $4{,}18 \cdot 10^7$ футов**, и принимая ускорение свободного падения равным 9,81 м/с², вычислите среднюю плотность Земли.

*1 дюйм = 2,54 см.

**1 фут = 30,48 см.

Задача 2. Плавление льда. В теплоизолированном сосуде находится кусок льда массой 100 г при температуре –5°С. В кусок льда помещена нихромовая проволока с удельным сопротивлением $1{,}12 \cdot 10^{-6}$ Ом·м, длиной 50 см и диаметром 1 мм. К проволоке подведено напряжение 10 В. Проверьте расчетами, хватит ли тепла, выделившегося в течение 4 минут в проволоке, на то, чтобы полностью растопить лед? Удельная теплоемкость льда 2,05 кДж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда $3{,}30 \cdot 10^5$ Дж/кг. Считать, что удельное сопротивление, длина, диаметр проволоки не меняются в процессе пропускания тока.

Задача 3. Свойства жидкости и пара

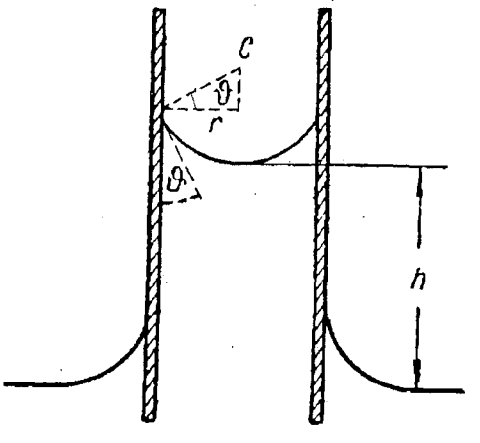
Известно, что выпуклая поверхность жидкости благодаря силам поверхностного натяжения оказывает на жидкость дополнительное давление – так называемое давление Лапласа

$$\Delta p = 2\sigma / R, \qquad (*)$$

где R – радиус кривизны поверхности жидкости. В случае же вогнутой поверхности жидкость будет находиться под давлением меньшим, чем та же жидкость под плоской поверхностью на ту же величину.

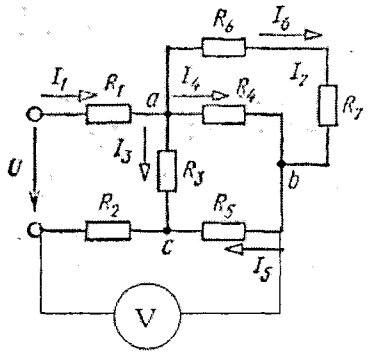
а) Выведите формулу (*). **Указание** – можно рассмотреть шарообразную каплю и учесть поверхностное натяжение.

б) Выведите формулу для высоты поднятия и опускания жидкости в капиллярах. При этом можно пользоваться формулой (*). Краевой угол ϑ известен, r – радиус капилляра. С – центр кривизны искривленной поверхности жидкости.



в) Каким должен быть наибольший диаметр пор в фитиле керосиновой лампы, чтобы керосин поднимался от дна керосинки до горелки (высота h = 10 см). Считать поры цилиндрическими. Коэффициент поверхностного натяжения керосина 0,030 Н/м, плотность керосина $0{,}78 \cdot 10^3$ кг/м³. Ускорение свободного падения 9,8 м/с². Смачивание считать полным. При этом краевой угол можно считать равным нулю.

г) Известно, что давление насыщенного пара над искривленной поверхностью жидкости отличается от давления насыщенного пара над плоской поверхностью. Выведите формулу зависимости давления насыщенного пара от радиуса кривизны поверхности. **Указание** – рассмотрите сосуд, заполненный жидкостью и ее насыщенным паром.



Задача 4. Электрические цепи. а) Найдите распределение токов в схеме цепи, если $R_1 = R_2 = 0{,}5$ Ом, $R_3 = R_4 = 6$ Ом; $R_5 = R_6 = 1$ Ом, $R_7 = 2$ Ом, а напряжение на входе 120 В. Считайте, что приведенные данные точные.

б) Какое напряжение покажет вольтметр?

Задача 5. Линзы.

Вы изучали линзы в восьмом классе и полученных знаний вам должно хватить для решения предложенной задачи.

а) Выведите формулу для поперечного увеличения линзы (отношения высоты предмета к высоте изображения) через расстояния от линзы до предмета d и до изображения f.

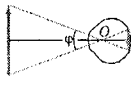
Для выполнения дальнейших заданий вам понадобятся некоторые дополнительные сведения.

Формула тонкой линзы для собирающей линзы имеет вид $\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}$,

где d и f – расстояния от линзы до предмета и до изображения. Если изображение мнимое, то перед f ставят минус.

Видимым увеличением лупы или микроскопа называют величину

$$\tilde{A}=\frac{tg\varphi'}{tg\varphi},$$



где φ – угол зрения, под которым виден предмет, расположенный на расстоянии наилучшего зрения, φ' - угол зрения, под которым виден предмет в лупу или микроскоп.

Угол зрения образован лучами, направленными на крайние точки предмета, т. е. это угол, под которым виден предмет из оптического центра глаза.

Расстояние наилучшего зрения L – наименьшее расстояние, на котором глаз человека может ясно видеть предметы без напряжения. Принято считать, что для людей с нормальным зрением оно составляет **25 см**. Таким его и считайте при решении задачи.

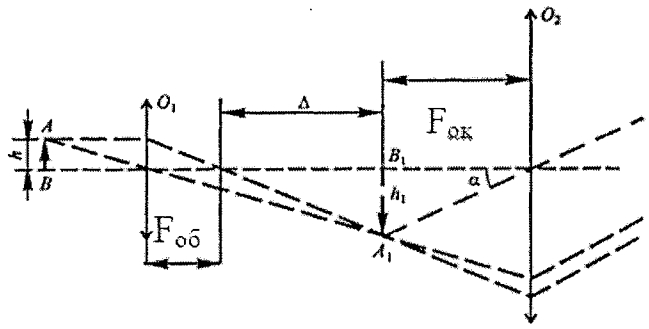
Задания. Найдите формулу для видимого увеличения:

б) лупы, предмет располагается в фокусе лупы. **Примечание**: Эта величина традиционно принимается за увеличение лупы и иногда указывается на лупе.

в) лупы, предмет располагается так, что его изображение находится на расстоянии наилучшего зрения от глаза, расположенного вплотную к лупе. Можно считать при этом, что оптический центр глаза совпадает с оптическим центром лупы.

г) микроскопа. Ход лучей в микроскопе изображен на рисунке. O_1 – объектив, O_2 – окуляр, Δ – **оптическая длина тубуса** микроскопа (расстояние между задним

главным фокусом объектива и передним главным фокусом окуляра). Объектив создает изображение предмета в переднем главном фокусе окуляра. Это изображение рассматривается в окуляр, как в лупу.



Задача 6. Эксперимент. Увеличение лупы.

Автор данной задачи столкнулся с тем, что у некоторых произведенных в Китае луп заявленное видимое увеличение значительно превышает реальное. Воспользуйтесь результатами, полученными в предыдущей задаче.

Задания:

а) Проверьте для данной вам лупы или линзы формулу тонкой линзы. Найдите ее оптическую силу и фокусное расстояние.

б) Определите аналитически (то есть путем расчетов), при каком расстоянии от предмета до линзы размер предмета равен размеру действительного изображения. Проверьте результат на опыте, если оборудование позволяет измерить размеры предмета и изображения.

в) Найдите видимое увеличение лупы (см. примечание к заданию б в предыдущей задаче). Сравните с указанным увеличением на оправе лупы (если оно указано).