

Олимпиада «Росатом» Физика.

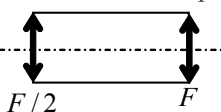
Приведены задачи по физике (с ответами и решениями) для учащихся 11-го класса, предлагавшиеся на олимпиаде «Росатом» в 2013 г. (НИЯУ МИФИ). Видеоролики с разбором заданий этой олимпиады см. на сайте <http://wikibit.net/youtube/Олимпиада-Росатома-2013.-Разбор-заданий-по-физике>.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: решение задач, олимпиада «Росатом».

С.Е. МУРАВЬЁВ semuraviev@mail.ru
НИЯУ МИФИ, г. Москва

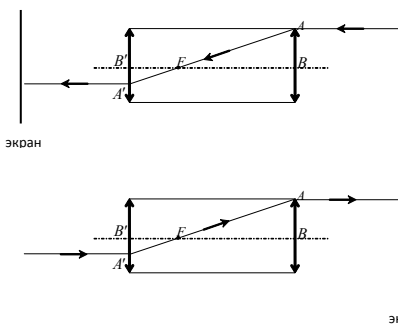
Олимпиада «Росатом» проводилась в нескольких турах в 2012/2013 уч. г. в Москве и 35 городах РФ (во многих из них расположены научные и промышленные предприятия атомной отрасли). В ней принимали участие более 22 тысяч человек. Ниже приводятся варианты заданий одного из туров для школьников 11 класса.

1. Две собирающие линзы одинакового диаметра вставлены в трубу с зачернёнными внутренними боковыми стенками (все лучи, падающие на стенки, поглощаются). Известно, что фокусное расстояние одной линзы вдвое больше фокусного расстояния другой, и что параллельные лучи, падающие вдоль оси трубы с любой стороны, после прохождения трубы остаются параллельными. На трубу падает пучок параллельных лучей одинаковой интенсивности сначала слева, а потом справа. Найдите отношение освещённостей экрана, расположенного соответственно справа и слева от трубы.



Указание. Освещённостью поверхности называется мощность света, падающая на единицу площади данной поверхности.

Решение. Чтобы параллельные световые лучи оставались параллельными после прохождения трубы, фокусы линз должны совпадать. Поэтому $FB = 2FB'$ (см. рисунок).



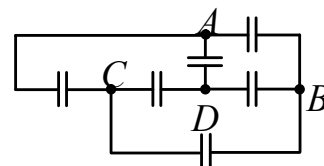
Из подобия треугольников ABF и $A'B'F$ получаем, что энергия света, падающего на трубу справа, будет приходиться на четверо меньшую

площадь, следовательно, освещённость левого экрана будет вчетверо больше освещённости, которую давал бы падающий свет на экране, если бы не проходил через трубу (чтобы не загромождать рисунок, мы показали не все световые лучи). Если свет пада-

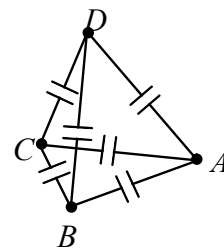
ет на трубу слева, то лучи, расстояние от которых до оси трубы больше половины радиуса линз, после преломления в левой линзе попадут на внутренние стенки трубы и поглотятся (по условию, стенки чёрные). Поэтому на ту же площадь, что имеет падающий пучок, будет приходиться вчетверо меньшая энергия, и освещённость правого экрана будет вчетверо меньше освещённости, которую давал бы падающий свет. Отсюда находим отношение освещённостей световых пятен на правом и левом экранах при падении света на трубу слева и справа соответственно:

$$\frac{E_{\text{правый экран}}}{E_{\text{левый экран}}} = \frac{1}{16}.$$

2. Дана цепь, содержащая 6 конденсаторов, причём ёмкости пяти одинаковы, а ёмкость конденсатора, включённого между контактами C и D , вдвое меньше. К какой паре контактов A - B , A - C , A - D , B - C , B - D или C - D нужно подключить источник напряжения, чтобы хотя бы один из конденсаторов схемы оказался незаряженным? Ответ обосновать.



Решение. Если конденсатор не заряжен, разность потенциалов на его обкладках равна нулю. Поэтому, чтобы понять, какие конденсаторы не заряжаются, необходимо в данной несимметричной цепи (где к тому же один конденсатор отличается от пяти других) найти контакты с нулевой разностью потенциалов. Для этого заметим, что цепь гораздо более симметрична, чем кажется на первый взгляд. Действительно, от каждого из четырёх контактов отходят три провода, каждый из которых содержит один конденсатор. Это значит, что цепь можно представить в виде тетраэдра, в каждое ребро которого включён один конденсатор (см. рисунок). При подключении источника напряжения к двум вершинам (например, к A и B) конденсаторы на рё-



брах, связывающих эти вершины, будут заряжаться обязательно. Это конденсаторы, включённые в рёбра AB , AC и CB , AD и DB . А вот будет ли заряжаться конденсатор CD , зависит от потенциалов точек D и C : если их потенциалы одинаковы, конденсатор CD заряжаться не будет. А чтобы потенциалы точек D и C были одинаковы, нужно чтобы участки $A-D-B$ $A-C-B$ были одинаковы. Это возможно, если конденсатор половинной ёмкости включён либо между точками A и B , либо между D и C . Таким образом, если подключить источник к клеммам C и D или A и B , то один из конденсаторов схемы будет не заряжен. При всех остальных включениях все конденсаторы будут заряжены.

3. Какую максимальную работу можно совершить, используя айсберг массой $3 \cdot 10^6$ т в качестве холодильника и океан в качестве нагревателя? Считать, что температура айсберга равна $t_1 = 0$ °С, воды в океане $t_2 = 12$ °С, удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,4 \cdot 10^5$ Дж/кг.

Решение. Чтобы работа теплового двигателя с холодильником и нагревателем, имеющими фиксированные температуры, была максимальна, нужно, чтобы двигатель работал по циклу Карно. КПД η цикла Карно есть $\eta = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$, где T_1 и T_2 – абсолютные температуры холодильника и нагревателя соответственно. При этом двигатель совершает работу $A = \eta Q$, где Q – количество теплоты, полученное от нагревателя, и отдаёт холодильнику количество теплоты $Q_1 = (1 - \eta)Q$. Отсюда получаем:

$$A = \frac{\eta Q_1}{1 - \eta} = \frac{(T_2 - T_1)Q_1}{T_1}$$

Поскольку холодильником является айсберг, который плавится при получении тепла, то величина Q_1 не может превосходить λm , где λ – удельная теплота плавления льда, m – масса айсберга. Поэтому максимальная работа двигателя равна

$$A = \frac{\eta Q_1}{1 - \eta} = \frac{(T_2 - T_1)\lambda m}{T_1} \approx 4,5 \cdot 10^{13} \text{ Дж.}$$

4. Две тонкие палочки одинаковой длины массами m и $2m$ образуют букву «Т» (палочка массой $2m$ прикреплена к середине палочки массой m под прямым углом к ней). Палочки лежат на шероховатой горизонтальной поверхности (см. рисунок, вид сверху). К одному из концов палочки m привязана нить, за которую систему палочек медленно тянут по поверхности так, что она не вращается. Какой угол α составляет палочка m с нитью?

Решение. Поскольку палочки движутся медленно, сумма сил и сумма моментов всех сил, действующих на палочки, равна нулю. Это значит, что момент силы трения относительно точки приложения внешней силы должен быть равен нулю. А поскольку силы трения, приложенные к различным малым элементам палочек, пропорциональны их массам и одинаково направлены (палочка движется без вращения), для вычисления момента силы трения можно воспользоваться тем же приёмом, что и для вычисления момента силы тяжести: считать, что сила трения приложена к центру тяжести палочек. Поэтому линия действия внешней силы должна проходить через центр тяжести палочек.

Найдём положение их центра тяжести. Для этого заменим палочки точечными массами, расположенными в их центрах, и найдём центр тяжести системы этих точечных масс. Так как масса «перекладки» буквы «Т» вдвое меньше массы её «ножки», расстояние Δx от середины «перекладки» до центра тяжести палочек вдвое больше расстояния от центра тяжести до середины «ножки» (см. рисунок, центр тяжести палочек отмечен стрелкой).

Поэтому $\Delta x = \frac{2}{3} \cdot \frac{l}{2} = \frac{l}{3}$. Отсюда находим:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l/3}{l/2} = \frac{2}{3} \Rightarrow \alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{2}{3} \right)$$

5. Имеется жидкая планета в форме однородного шара радиусом R и плотностью ρ . Найдите давление в центре планеты, обусловленное гравитационным притяжением.

Решение. Рассмотрим тонкий сферический слой радиуса r толщиной Δr . Он имеет массу $\Delta m = \rho 4\pi r^2 \Delta r$ (ρ – плотность вещества планеты), притягивается к «внутренней» части планеты с силой

$$\Delta F = G \frac{\Delta m M r}{R^3} = G \frac{M 4\pi r^3 \Delta r \rho}{R^3} \quad (*)$$

(M – её масса) и не взаимодействует с «внешней» частью планеты. Из формулы (*) находим, что рассматриваемый слой создаёт дополнительное давление величиной

$$\Delta p = \frac{\Delta F}{S} = \frac{\Delta F}{4\pi r^2} = G \frac{M \rho r \Delta r}{R^3}.$$

Нижегородский кружок любителей физики и астрономии: страницы истории

Рассказывается история Нижегородского кружка любителей физики и астрономии. Показано, как можно с современным учеником поработать с текстом доклада члена кружка Р.А. Штюрмера.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Нижегородский кружок любителей физики и астрономии.

Б.В. БУЛЮБАШ borisbu@sandy.ru,
С.М. ПОНОМАРЕВ s_m_pon@mail.ru
 НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Н. Новгород

В 1887 г, 19 августа, произошло полное солнечное затмение... Это событие и стало непосредственным поводом для создания Нижегородского кружка любителей физики и астрономии (НКЛФА). Ряд публикаций о затмении для местной печати подготовил молодой преподаватель местной гимназии Сергей Васильевич Щербаков. Интерес к затмению был велик ещё и потому, что полоса его полной фазы проходила недалеко от Нижнего Новгорода – через город Юрьевец, расположенный в 154 км вверх по Волге. Накануне затмения к Юрьевцу отправились четыре парохода с экскурсантами.

На одном из пароходов находился известный русский писатель В.Г. Короленко, живший тогда в Нижнем Новгороде: «...Я еду смотреть затмение в Юрьевец... Уже несколько дней в народе ходят толки о затмении и о том, что в Нижний съехались астрономы...» [1]. За несколько дней до затмения в Юрьевец выехала экспедиция обсерватории Московского университета, возглавляемая А.А. Белопольским. В экспедиции участвовали П.К. Штернберг и двое иностранных учёных – Г. Фогель и Л. Нистен. Был

Более полно материал представлен авторами на сайте http://oldnnspu.16mb.com/museum-nklfa/publications/far_off.html

Окончание. См. с. 52–53.

Чтобы найти давление в центре планеты, нужно просуммировать все давления от всех слоев:

$$p = \sum \Delta p = G \frac{M_p}{R^3} \sum r \Delta r$$

причём r здесь меняется от 0 до R . Такая же сумма возникает при нахождении работы силы упругости – следовательно, она равна $R^2/2$. Поэтому давление в центре планеты равно

$$p = G \frac{M_p}{2R} = \frac{2\pi}{3} G \rho^2 R^2.$$



Пароход Эолина, август 1887

приглашен и Щербаков, которого Белопольский хорошо знал по университету. Возвращаясь в Нижний, пассажиры одного из пароходов, «Эолина», горячо обсуждали увиденное, говорили об астрономии вообще и о том, что неплохо бы организовать в Нижнем научное общество для любителей астрономии. И группа нижегородских любителей астрономии, в которую входила в основном интеллигенция, решила учредить такое общество. В России подобных обществ не существовало, но мировой прецедент был. Всего за несколько месяцев до этого во Франции известный популяризатор астрономии К.-Н. Фламарион создал Французское астрономическое общество. Создание НКЛФА вызвало цепную реакцию: подобные стали создаваться и в других российских городах (и в провинции, и в столицах).

Торжественное открытие Кружка состоялось 23 (ст. ст.) октября 1888 г. в здании Нижегородского Дворянского собрания. Позднее Кружок проводил



http://mephi.ru/entrant/training/section/school_of_rosatom/dimitrovgrad.php