

# Вступительное слово

*Дорогие ребята!* Мы предлагаем вам принять участие в отборочном этапе Олимпиады школьников по электронике, фотонике и молекулярной физике.

Вы сможете испытать свои силы в интересных задачах по физике и математике, многие из которых связаны с тематикой научных исследований ФЭФМ. Для их решения вам потребуются только школьные формулы, однако не стесняйтесь использовать справочную информацию и интернет для того, чтобы понять неизвестные вам понятия – целью нашей олимпиады является не столько проверка знаний, сколько выявление интереса к науке и решению нестандартных задач.

Победители и призеры данного этапа получают проход на заключительный этап, который пройдет в очном формате в г. Долгопрудный (подробная информация о проведении очного этапа и возмещении затрат на участие в нем появится позднее в [группе абитуриентов ФЭФМ](#)), где им предоставится возможность получить **от 2 до 4 баллов ИД** при поступлении на ФЭФМ в этом году. Более того, дипломы отборочного этапа будут учтены при собеседовании на нашу Физтех-школу.

Все задачи оцениваются максимум в 10 баллов, приведение только правильного ответа без обоснования решения дает 0 баллов за задачу.

Свои решения необходимо отсканировать и залить на страницу олимпиады на платформе [abitu.net](http://abitu.net) в срок до 23:50 13 марта 2022 года. В случае возникновения вопросов по условиям задач и проблем с загрузкой решений на [abitu.net](http://abitu.net), обращайтесь в сообщения [группы абитуриентов](#) или на электронную почту [abifefm@yandex.ru](mailto:abifefm@yandex.ru).

*Sapere aude!* - *Дерзайте знать!*

# 1 Побег из термокатода

С термокатода, представляющего собой большую металлическую пластину площади  $S$ , вылетает электрон в направлении, перпендикулярном плоскости пластины. Найти расстояние, на котором электрон остановится, если работа выхода электрона из металла  $A_{\text{вых}}$ , а электронный газ в металле находится при температуре  $T$ . Считать, что газ электронов идеален, причем все электроны обладают одной скоростью (по модулю), а нескомпенсированный положительный заряд, образующийся при выходе электрона из металла моментально размазывается по поверхности пластины.

# 2 Белеет парус...

Световой парус – концепция приведения космического корабля в движение давлением солнечного света или направленного лазерного пучка. Расстояние от солнца до границы солнечной системы, где начинается пояс Койпера, составляет примерно 4,5 миллиарда километров. Рассчитайте, какой должна быть мощность лазера с длиной волны  $\lambda = 700$  нм, чтобы преодолеть расстояние от пояса Койпера до солнца на аппарате массой  $m = 1$  т можно было за две недели. Сможет ли человек находиться в условиях искусственной гравитации, которая образуется внутри такого корабля? Считать, что лазер перпендикулярно падает на зеркальную поверхность, эффектом Доплера, солнечным и остальными излучениями, попадающими на поверхность корабля, пренебречь.

### 3 За кристаллической решеткой

Как известно, большинство твердых тел обладает кристаллической решеткой. Типы решеток принято характеризовать примитивной ячейкой – относительным расположением атомов в ограниченном объеме, из которого можно воссоздать исходную структуру путем добавления идентичных примитивных ячеек. Среди металлов наиболее часто встречаются объемоцентрированная кристаллическая решетка (ОЦК) и гранецентрированная кристаллическая решетка (ГЦК). Примитивные ячейки обеих представляют собой кубы, в узлах которых расположены атомы. Однако в ОЦК помимо этого один атом находится в самом центре куба, а в ГЦК – по атому в центре каждой грани куба. Считая атомы несжимаемыми шарами одного радиуса, плотно прилегающими друг к другу, найти коэффициент компактности обеих решеток, то есть отношение объема примитивной ячейки, заполненной атомами к полному объему ячейки.

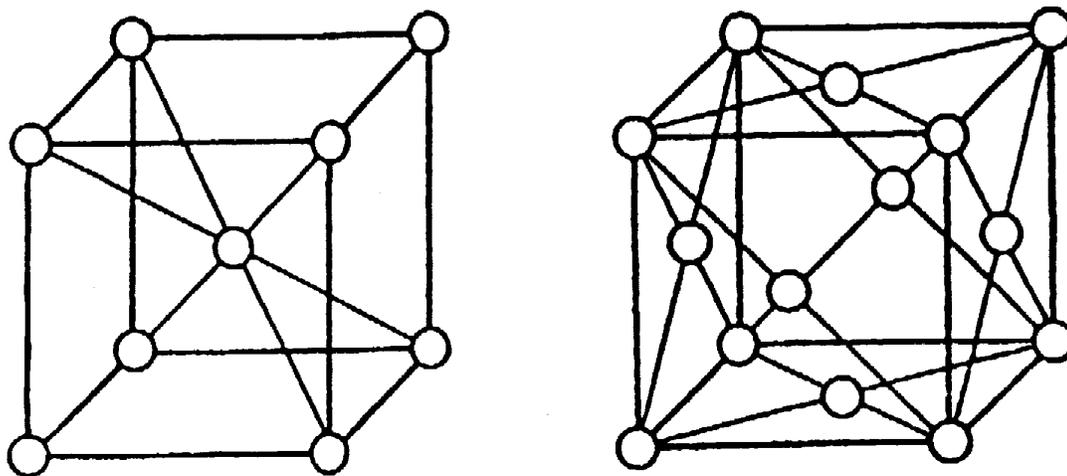


Рис. 1: Примитивные ячейки ОЦК(слева) и ГЦК(справа) решеток.

## 4 Колебания с Архимедом

Алюминиевый цилиндр высотой  $h = 5$  см и площадью основания  $S = 10$  см<sup>2</sup>, плавает на поверхности ртути в высоком стакане. В стакан аккуратно заливают большое количество воды, при этом цилиндр, будучи полностью покрытым водой, начал совершать малые колебания на границе раздела фаз. Определить период колебаний цилиндра в начальный момент времени, а также отношение объемов цилиндра, погруженных в ртуть и воду соответственно, в момент, когда система придет в равновесие. Плотность воды  $\rho_{\text{в}} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, плотность алюминия  $\rho_{\text{а}} = 2700$  кг/м<sup>3</sup>, плотность ртути  $\rho_{\text{рт}} = 13500$  кг/м<sup>3</sup>. Ускорение свободного падения принять равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

## 5 Неизвестный газ

Луч гелий-неонового лазера с рабочей длиной волны  $\lambda = 630$  нм пропускается через систему линз и щелей, которая дает на выходе два идентичных параллельных световых луча. Оба луча проходят через одинаковые прозрачные кюветы длиной  $L = 21,6$  см откачанные до вакуума. После этого еще одна линза направляет оба луча в одну точку на экране (интерферометр Рэлея), где наблюдается яркое пятно. Одну из кювет начинают заполнять неизвестным газом, при этом пятно на экране меняет свою интенсивность. К моменту, когда в кювете устанавливаются нормальные условия, пятно успевает  $n = 12$  раз ослабнуть и усилиться (наблюдается 12-й интерференционный максимум). Найти показатель преломления, установившийся в кювете после ее заполнения и определить газ.

## 6 Между окружностями

Три окружности с радиусами  $R_1 = \sqrt{3}$ ,  $R_2 = 2 + \sqrt{6} - \sqrt{3} - \sqrt{2}$ ,  $R_3 = 1 + \sqrt{2}$  попарно соприкасаются, при этом ни одна окружность не лежит внутри другой. Найти площадь области, зажатую между этими окружностями.

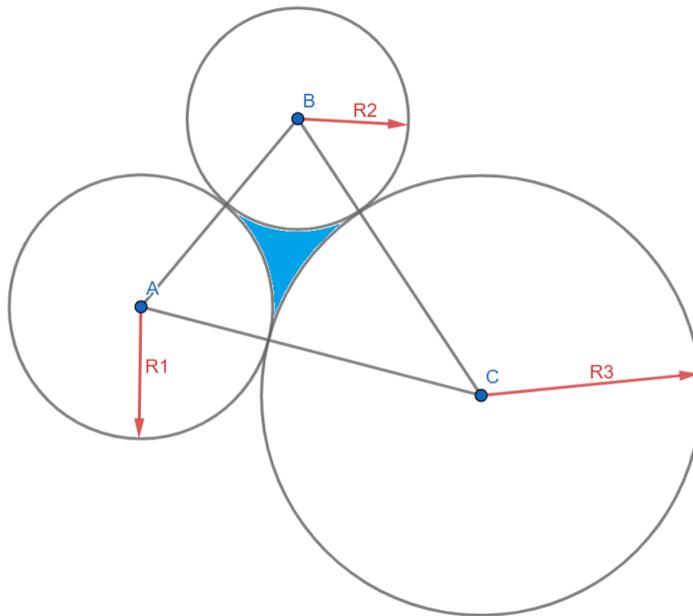


Рис. 2: Площадь которую необходимо найти на рисунке обозначена синим.

## 7 Матрёшка

Вычислите значение выражения:

$$x = \frac{1}{2 - \frac{1}{2 - \frac{1}{2 - \dots}}} \quad (1)$$

## 8 Спасение рядового

Зная, что функция  $f(x) = \frac{2x+3}{x^2+4x+3}$ , вычислите значение ряда:

$$S = [(1 - f(1)) \cdot (1 - f(2)) \cdot (1 - f(3)) \cdot \dots \cdot (1 - f(2022))]^{-1} \quad (2)$$

## 9 Ахиллесова пята

Быстроногий Ахиллес соревнуется в скорости с черепахой. Начав со старта, они оба по прямой устремляются к камню, лежащему на расстоянии  $l = 6$  км от старта. Ахиллес бежит со скоростью  $v_a = 42$  км/ч, в то время как черепаха ползет со скоростью  $v_ч = 4$  км/ч. Достигнув камня задолго до черепахи, неутомимый Ахиллес решает проведать соперника и с неизменной скоростью устремляется обратно к черепахе, достигнув которой он снова разворачивается и бежит к камню. Какое расстояние пробежит быстроногий Ахиллес до того момента, как черепаха достигнет камня, если все это время Ахиллес продолжал бегать туда-обратно?

## 10 Остров людоедов

Потерпевший кораблекрушение мореплаватель оказался выброшен прибоем на остров. Он знает, что среди туземцев есть честные рыцари, которые всегда говорят правду, а есть людоеды, которые могут как сказать правду, так и солгать. Сами местные сразу видят, кто из них кто, но пришельцу отличить их невозможно.

Побродив по острову, мореплаватель столкнулся с группой из 27 местных жителей, которые предложили ему сыграть в игру: каждому туземцу он может задать вопрос, на который можно ответить только да или нет. По итогам опроса он должен выгнать одного из опрашиваемых, при этом узнав, кем тот был, а затем начинается новый круг вопросов. Если в результате он останется только с рыцарями, то ему помогут выбраться с острова, если же он останется наедине с компанией людоедов, его немедленно съедят.

Какое минимальное количество рыцарей должно было быть в компании с самого начала, чтобы наш мореплаватель мог гарантированно избежать съедения?