

**Московский Физико-Технический Институт
Факультет Физической и Квантовой Электроники**



Заочная олимпиада ФФКЭ-2015

Дорогие старшекласники и старшекласницы!

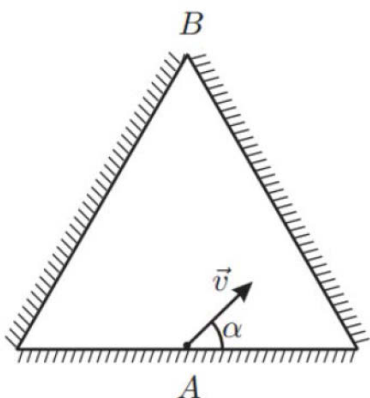
Каждый год факультет физической и квантовой электроники МФТИ проводит традиционную заочную олимпиаду для учащихся 10-х и 11-х классов. Олимпиада состоит из восьми задач. Каждая задача оценивается в 10 баллов. Для успешного участия в олимпиаде необходимо набрать не менее 50 баллов. Решение в этом году принимаются только в электронном виде. Адреса для отправки: ffke2016@gmail.com. В теме письма указывайте: «ФФКЭ 2016». К решению **обязательно** прикрепите отдельный файл с информацией о себе: ФИО, класс, школа, город, обратный адрес, телефон, электронная почта. Срок отправки решения: не позднее 15.04.16. Победа и участие в олимпиаде учитываются после поступления на факультет физической и квантовой электроники МФТИ.

С уважением, оргкомитет олимпиады.

Механика

1. Две частицы одновременно начали двигаться в однородном поле тяжести. Начальные их скорости равны по модулю v_0 и лежат в одной вертикальной плоскости. Угол наклона вектора одной из скоростей к горизонту равен α , а другой 2α . В какой момент времени от начала движения скорости частиц окажутся сонаправленными? Сопротивлением воздуха пренебречь.

2. По гладкой горизонтальной поверхности скользит маленькая круглая шайба, не покидая правильного треугольника, ограниченного неподвижными гладкими стенками (см. рисунок). Удары шайбы о стенки абсолютно упругие, при попадании в угол шайба останавливается. В начальный момент шайба находится в точке A посередине стороны треугольника и имеет скорость, направленную под углом α к этой стороне, $0 < \alpha < \pi/2$. Найдите все значения α , при которых шайба попадёт в угол B , совершив не более 6 столкновений со стенками.



Фотонный газ

С точки зрения квантовой физики электромагнитное излучение представляет собой множество хаотически движущихся и невзаимодействующих друг с другом частиц — фотонов. Другими словами, электромагнитное излучение представляет собой фотонный газ, который во многом аналогичен идеальному газу, рассматриваемому в молекулярно-кинетической теории. Есть и существенные отличия. Все фотоны движутся с одинаковой скоростью (скоростью света в вакууме), и их число не остаётся постоянным при изменении состояния: фотоны рождаются и поглощаются. Тем не менее, ряд свойств фотонного газа можно установить, опираясь на молекулярно-кинетическую теорию идеальных газов, что и предлагается проделать в двух задачах.

3. Докажите, рассматривая цикл Карно для фотонного газа при малых изменениях температуры и объёма, что световое давление пропорционально четвёртой степени абсолютной температуры.

Указание. Воспользуйтесь формулой $\int \frac{dx}{x} = \ln \frac{x}{x_0}$

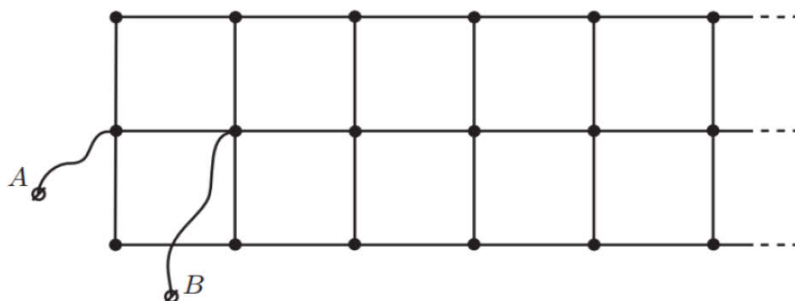
4. Используя результаты предыдущего пункта, получите закон Стефана–Больцмана для мощности излучения абсолютно чёрного тела с единицы поверхности: $W = \sigma T^4$, σ – постоянная Стефана–Больцмана.

Указание. Число частиц, соударяющихся с единицей поверхности стенки в единицу времени

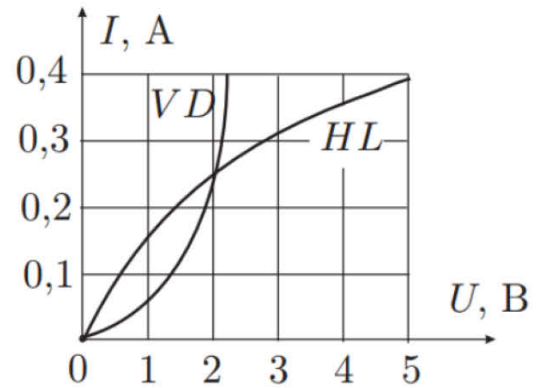
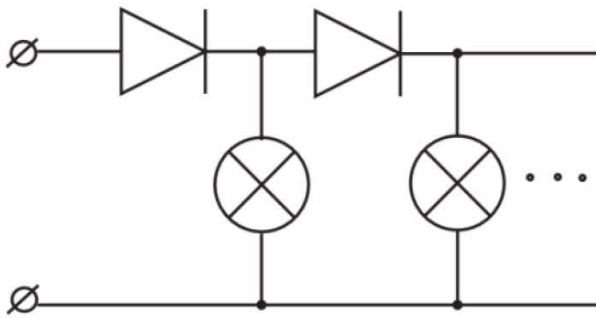
$v = \frac{1}{4} n \langle v \rangle$, n – концентрация частиц, $\langle v \rangle$ – средний модуль скорости частиц.

Бесконечные цепи

5. Определите сопротивление полубесконечной цепи между точками А и В, если сопротивление каждого звена равно R (см. рисунок).



6. Постройте вольт-амперную характеристику бесконечной цепочки, состоящей из одинаковых диодов и одинаковых лампочек (см. рисунок). Вольт-амперные характеристики диода и лампочки приведены справа и обозначены VD и HL соответственно.



Геометрическая оптика

7. Два плоских зеркала образуют двугранный угол, равный 90° . Собирающая линза с фокусным расстоянием F вставлена в угол так, что её главная оптическая ось составляет угол 45° с каждым зеркалом. Диаметр линзы равен $2F$. На главной оптической оси линзы на расстоянии $d = 1,5 F$ от линзы находится источник света S . Найдите положение изображения источника света

8. Солнечные лучи падают на вогнутое сферическое зеркало диаметром D параллельно его оси симметрии. Радиус кривизны поверхности зеркала $R \gg D$. В фокальной плоскости зеркала перпендикулярно его оси симметрии помещён непрозрачный экран радиусом r . При каких значениях r на экран попадут все лучи? Найти освещённость экрана.