

Майнор «Мир глазами физиков: квантовая физика»

Задачи семинаров первого модуля

Представленные тексты задач могут несколько отличаться от разбиравшихся на семинаре. Некоторые из подготовленных к семинару задач могли не разбираться. Нумерация семинаров по неделям курса

К семинару 1

Семинара на неделе 1 не было

К семинару 2

Задача 1

Нейтринный детектор Super-Kamiokande, расположенный в шахте на глубине 1 км, представляет собой огромный резервуар с водой емкостью 50 тыс. тонн. Космические нейтрино с некоторой вероятности рассеиваются на электронах молекул воды в резервуаре. В результате электрон выбивается из молекулы. Если его скорость после рассеяния превышает скорость распространения света в воде, он начинает излучать фотоны (черенковское излучение). Это излучение регистрируется с помощью 11146 высокочувствительных электронных фотоумножителей, способных зафиксировать единичные фотоны.

1. Определить наибольшую и наименьшую энергии электрона после рассеяния на нем нейтрино с энергией 10 МэВ . Пороговая энергия регистрации нейтрино в этом эксперименте 5.5 МэВ . Какая скорость будет у этих электронов?
2. Оценить величину тока в анодной цепи фотоумножителя при попадании одного фотона в секунду на фотокатод. При этом считать, что между фотокатодом и анодом находится 10 промежуточных динодов. Падение напряжения между каждым из динодов 100 В , между фотокатодом и первым динодом 250 В . Работа выхода в материале динодов 4 эВ . На каждом из динодов только 30% энергии падающих электронов тратится на вторичную эмиссию. Квантовый выход фотокатода считать равным единице.

Задача 2

Исследовательский зонд массой $m=1000 \text{ кг}$ движется при помощи «солнечного паруса» площадью $S=104 \text{ м}^2$ ($100 \times 100 \text{ м}^2$). Какую скорость наберёт зонд, стартующий с орбиты Земли, за 24 часа? Какую скорость наберёт зонд, стартующий с орбиты Меркурия за 24 часа? Мощность солнечной радиации на орбите Земли $w=1400 \text{ Вт/м}^2$, радиус орбиты Меркурия принять равным 0.4 радиуса земной орбиты. «Солнечный парус» считать идеальным зеркалом, падение света на него — нормальным.

К семинару 3

Задача 1

Человек всегда нагревает сам себя, за счёт внутреннего тепловыделения, которое составляет от 70 до 650 Вт в зависимости от состояния здоровья человека и физической нагрузки. Пусть здоровый космонавт работает в открытом космосе на земной орбите в тени космической станции. Считая единственным способом теплообмена с окружающей средой излучение, оцените установившуюся температуру космонавта. Альбедо скафандра принять таким, чтобы мощность, приходящая от Солнца, составляла не более 10% от собственной мощности тепловыделения человека.

Задача 2

Красный карлик из звёздной системы Альфа Центавра имеет максимум мощности излучения при длине волны в 950 нм и годичный параллакс в 769 угловых миллисекунд. Зная, что на орбите Земли мощность светового излучения этого карлика составляет $3 \cdot 10^{-11}$ Вт/м², найдите размер этого карлика.

Задача 3

Вычислить амплитуды квантовых колебаний классических пружинного и математического маятников. Жесткость пружины $k=1$ Н/см, массы грузов $m=10$ г, длина подвеса математического маятника $l=1$ м.

Задача 4

В основе принципа действия пирометров (бесконтактных термометров) лежит сравнение принимаемой мощности излучения от предмета в двух различных спектральных диапазонах. Зачастую, в таких приборах используется один фотодетектор с двумя попеременно меняющимися оптическими фильтрами излучения. С помощью подобного пирометра измеряется температура вольфрамовой нити, при этом сигнал фотодетектора для первого фильтра в 20 раз больше чем для второго. Определить температуру нити, считая что сигнал фотодетектора пропорционален измеряемой мощности. Длина волны пропускания первого фильтра 750 нм, второго 550 нм, полосы пропускания у обоих фильтров одинаковы и равны 10 нм. Температура плавления вольфрама 3695 К.

К семинару 4

Задача 1

Оценить исходя из классических представлений время существования атома водорода, описываемого моделью Резерфорда. Считать известными оценку радиуса атома $a=10^{-10}$ м, массу электрона $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг и его заряд $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Задача 2

В опыте исследовалась ВАХ вакуумной лампы, заполненной парами ртути, схема которой приведена на рисунке. Известно, что при достаточно большом напряжении, пары ртути начинали испускать ультрафиолетовый свет, с длиной волны 250 нм. Исходя из этого, определите разницу энергий основного и возбужденного уровней ртути, а также опишите, почему вольт-амперная характеристика такой лампы имеет немонотонный вид, как показано на рисунке.

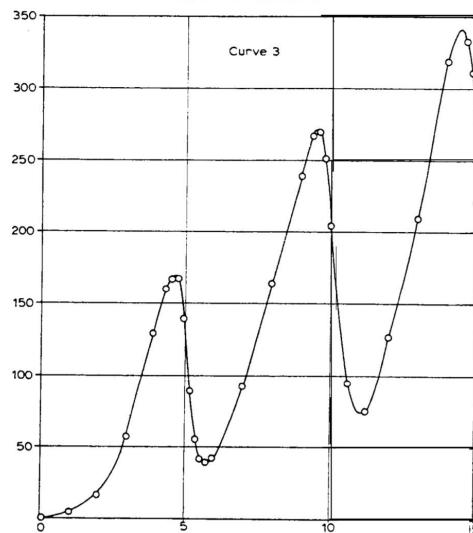
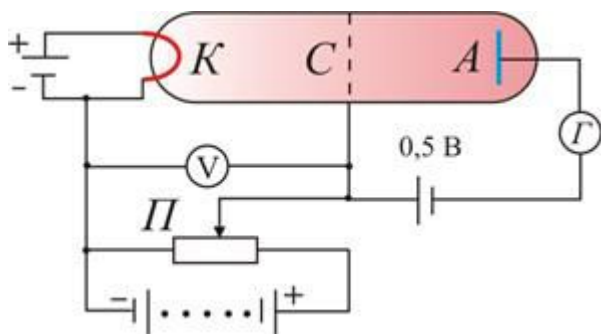


Fig. 3

Задача 3

Имеется три внешне похожих короны на витрине ломбарда. Утверждается, что все они из золота высшей пробы. Однако дотошный клиент решил проверить, правда ли это, так как цена показалась ему подозрительной. С этой целью он отнес все три короны на рентгенографическое исследование. Однако результаты пришли без расшифровки. Определите материалы, из которых изготовлены короны, если известно что они имеют линии характеристического излучения на 22 кэВ, 66 кэВ и 8.8 кэВ соответственно.

Задача 4

Найти смещение положений видимых линий спектра испускания атомарного дейтерия относительно водорода.

К семинару 5

Задача 1

При помощи рулетки и лазерной указки определить расстояние между дорожками компакт диска (CD или DVD) и оценить ёмкость диска

Задача 2

Определите напряжение, разгоняющее электроны в Сканирующем Электронном Микроскопе (СЭМ), необходимое для получения разрешающей способности, сопоставимой с лучшими оптическими микроскопами. Так же оцените предельную разрешающую способность такого микроскопа.

Задача 3

Определить размеры «островка» для электрона (например, образующегося при изготовлении токопроводящих элементов в микросхемах), в котором тепловая энергия электрона при комнатной температуре становится больше разности энергий между основным и первым возбужденным уровнями.

К семинару 6

Задача 1

А) Парадокс Монти Холла

Представьте, что вы стали участником игры, в которой вам нужно выбрать одну из трёх дверей. За одной из дверей находится автомобиль, за двумя другими дверями — козы. Вы выбираете одну из дверей, например, номер 1, после этого ведущий, который знает, где находится автомобиль, а где — козы, открывает одну из оставшихся дверей, например, номер 3, за которой находится коза. После этого он спрашивает вас — не желаете ли вы изменить свой выбор и выбрать дверь номер 2? Увеличатся ли ваши шансы выиграть автомобиль, если вы примете предложение ведущего и измените свой выбор?

Доп. условия:

- автомобиль равновероятно размещён за любой из трёх дверей;
- ведущий в любом случае обязан открыть дверь с козой (но не ту, которую выбрал игрок) и предложить игроку изменить выбор;
- если у ведущего есть выбор, какую из двух дверей открыть, он выбирает любую из них с одинаковой вероятностью.

В) N раз по 1/N.

Известно, что вероятность выиграть приз в лотерее $1/N$, какова вероятность выигрыша при покупке N билетов?

С) Странный комод.

Известно, что в некотором комодe может находиться письмо с вероятностью p . Однако, в этом комодe 7 ящиков, и все, кроме последнего, открыли, а письмо не нашли. Какова вероятность найти письмо в последнем ящике?

Задача 2

Оцените минимально достижимый диаметр пятна d , который можно создать на детекторе пучком атомов серебра, испускаемых печью с температурой $t = 1200^\circ\text{C}$. Расстояние от выходной щели печи до детектора $L = 1$ м. Расчёт произвести:

1. исходя из волновой природы частиц
2. исходя из соотношения неопределенностей

Задача 3

Оценить минимальное время, необходимое для того, чтобы заметить движение атома углерода-12 в поле тяжести Земли.