

Вариант №1. ID: _____ ФИО, группа _____

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	1	2	3	Σ

Шкала оценок

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0-2	3-4	5-6	7-9	10-12	13-15	16-20	21-23	24-26	27+

Полусеместровая контрольная работа по курсу «Основы квантовой физики»

А. Выбрать ответ (отметить на листе) (1 балл за задание)

- Какое из перечисленных явлений не может быть объяснено в рамках классической (не квантовой) физики:
 - голубой цвет небосвода
 - разложение солнечного света в непрерывный спектр («радугу»)
 - наличие узких линий в спектре излучения нагретых газов
 - равенство поглотительной и излучательной способности тел
- В печи до одинаковой температуры около 1000 °С (меньшей температуры плавления) нагрели одинаковые по форме образцы металла и прозрачного кварцевого стекла. Какое из следующих утверждений правильно опишет наблюдаемое явление:
 - оба образца будут одинаково ярко светиться в красно-оранжевой части спектра
 - металлический образец будет светиться более «синим» светом, чем кварцевый
 - металлический образец будет светиться более «красным» светом, чем кварцевый
 - цвет обоих образцов будет одинаковый, но яркость свечения металлического образца будет выше
- Какая физическая величина может быть определена в опыте по изучению эффекта Комптона?
 - масса электрона m_e
 - гравитационная постоянная G
 - энергия ионизации атома в облучаемой мишени E_i
 - масса атома в облучаемой мишени M
- О чём свидетельствует наличие дискретных узких спектральных линий в спектрах излучения нагретых газов
 - о дефекте измерительного оборудования
 - о движении атомов со строго определёнными скоростями
 - о существовании в атоме стационарных электронных орбит с чётко определёнными энергиями
 - о присутствии атомов разного сорта
- Экспериментатор обнаружил, что при некоторых условиях картины расположения дифракционных пятен при дифракции электронов ($m_e c^2 \approx 0.5 \text{ МэВ}$) и нейтронов ($M_n c^2 \approx 1 \text{ ГэВ}$) на одном и том же образце при одинаковом расстоянии от образца до детектора совпадают. Что можно сказать по результатам этого опыта
 - энергии электронов и нейтронов одинаковы
 - скорости электронов и нейтронов одинаковы
 - никакого сравнения сделать нельзя
 - импульсы электронов и нейтронов одинаковы

6. При изучении эффекта Комптона измеряется энергия фотонов (гамма-квантов), рассеянных на мишени под разными углами. Какое из утверждений верно?
- энергия рассеянных фотонов от угла не зависит
 - энергия некоторых из рассеянных фотонов окажется больше исходной
 - минимальной окажется энергия рассеянных фотонов, продолжающих движение в том же направлении
 - минимальной окажется энергия рассеянных фотонов, движущихся в обратном направлении
7. Какое из условий является необходимым для наблюдения фотоэффекта
- фотокатод должен находиться в вакууме
 - свет должен падать на фотокатод под прямым углом
 - длина волны падающего света должна быть меньше, чем длина волны красной границы фотоэффекта для этого материала
 - фотокатод должен подогреваться
8. Какой эксперимент доказал существование в атоме массивного положительно заряженного ядра:
- опыты Томсона по изучению катодных лучей, их отклонению в электрическом и магнитном поле
 - опыты Резерфорда (Гейгера-Марсдена) по рассеянию альфа-частиц на тонкой фольге
 - опыты Дэвисона-Гермера по дифракции электронов на кристаллах
 - опыты по наблюдению узких спектральных линий в спектре излучения нагретых газов
9. Можно ли одновременно измерить координату частицы и проекцию её импульса на это же направление?
- нельзя ни в каком опыте, эти величины не измеримы вместе в принципе
 - можно, но максимально достижимая точность ограничивается соотношением неопределённости Гейзенберга
 - можно, точность измерения принципиально не ограничивается
 - нельзя, ни одну из этих величин нельзя точно измерить
10. Что можно сказать про стационарные орбиты электронов в рамках боровской теории атома водорода?
- электрон может двигаться по орбитам любого радиуса
 - электрон покоится на некотором расстоянии от ядра
 - электрон движется по орбитам с чётко определёнными радиусами, орбита с наименьшей энергией электрона самая близкая к ядру
 - электрон движется по орбитам с чётко определёнными радиусами, орбита с наименьшей энергией электрона самая далёкая от ядра

В. Выписать определение, формулу, описание эффекта (2 балла за задание)

- Что наблюдалось в опытах П.Дж.Томсона по дифракции электронов? (постановка опыта, какие выводы были сделаны)
- Чем определяется максимальная энергия электронов при фотоэффекте?
- Чему в рамках модели Бора равна энергия электрона в стационарном состоянии? (привести формулу и характерную величину)
- Как можно измерить (оценить) размер атома? (привести один из вариантов постановки опыта, каков порядок величины размера атома)
- Как зависит от температуры полная мощность, излучаемая с единицы поверхности абсолютно чёрного тела?

С. Решить задачи (№1-2 балла, №2-5 баллов, №3-3 балла)

1. Фотокатод вакуумного фотоэлемента имеет красную границу фотоэффекта $\lambda_{кр} = 500 \text{ нм}$. К фотоэлементу приложено ускоряющее напряжение, так что все фотоэлектроны долетают до анода. Фотоэлемент освещается непрерывным лучом красного лазера с длиной волны $\lambda = 650 \text{ нм}$ высокой интенсивности, который вызывает возникновение фототока. Во сколько раз изменится фототок, если при неизменной площади засвечиваемого на фотокатоде пятна мощность светового излучения лазера увеличится в два раза?
2. Лыжник взял на прогулку термос с горячим чаем ($V = 2 \text{ л}$, $m = 2 \text{ кг}$), температура на улице $t_1 = -10^\circ \text{C}$, температура чая $t_2 = 90^\circ \text{C}$. Стенки термоса почти зеркальные (коэффициент отражения равен $\alpha = 0.95$), площадь стенок равна $S = 0.06 \text{ м}^2$, между стенками воздух откачан полностью. Определить скорость остывания чая (в градусах в секунду) в начальный момент (пока его температура равна t_2). Потери тепла через пробку не учитывать. Теплоёмкость воды $C = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ \text{C)}$.
3. При комптоновском рассеянии пучка гамма-квантов с отклонением пучка на 90° оказалось, что электрону передана ровно половина энергии гамма-кванта. Определить начальную энергию квантов.

Вариант №2. ID: _____ ФИО, группа _____

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	1	2	3	Σ

Шкала оценок

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0-2	3-4	5-6	7-9	10-12	13-15	16-20	21-23	24-26	27+

Полусеместровая контрольная работа по курсу «Основы квантовой физики»

А. Выбрать ответ (отметить на листе) (1 балл за задание)

- Какое из перечисленных явлений не может быть объяснено в рамках классической (не квантовой) физики:
 - существование равновесного теплового излучения нагретого тела
 - наличие в спектре излучения нагретого тела максимума интенсивности излучения при некотором значении длины волны, зависящем от температуры
 - отсутствие излучения у абсолютно зеркального тела
 - связь спектра излучения нагретого тела с температурой
- При свечении нагретых газов в пламени горелки спектр излучения состоит из узких спектральных линий. Что произойдёт с излучением с непрерывным спектром, если его пропустить через достаточно толстый слой таких же холодных газов?
 - Спектр прошедшего излучения останется непрерывным и не изменится существенно
 - К спектру прошедшего излучения добавится излучение с длинами волн, соответствующими спектральным линиям нагретого газа
 - В спектре прошедшего излучения возникнут тёмные линии с длинами волн, соответствующими спектральным линиям нагретого газа
 - Задачи об излучении нагретого газа и прохождении излучения через холодный газ никак не связаны
- Какие из фундаментальных физических констант могут быть определены в опытах по исследованию фотоэффекта
 - гравитационная постоянная G
 - заряд электрона e
 - скорость света c
 - постоянная Планка \hbar
- Температура верхних слоёв Солнца примерно равна 6000 К. Температура верхних слоёв одной из ярких звёзд, Ригеля (β Ориона), равна примерно 12000 К. Какого цвета эта звезда?
 - жёлтого
 - красного
 - бело-голубого
 - видимый цвет связан не с температурой поверхности

5. Экспериментатор, изучающий дифракцию электронов на кристалле, увеличил в два раза ускоряющее напряжение «электронной пушки». Что можно сказать про изменение дифракционной картины?
- Картина дифракции не изменится
 - Углы отклонения электронного пучка увеличатся
 - Углы отклонения электронного пучка уменьшатся
 - Дифракция перестанет наблюдаться
6. Что происходит при эффекте Комптона
- передача энергии и импульса от фотона (гамма-кванта) к электрону
 - передача энергии и импульса от электрона к фотону (гамма-кванту)
 - происходит только передача энергии между фотоном и электроном, импульс передаётся атомам облучаемой мишени
 - происходит только передача импульса между электроном и фотоном, энергия передаётся атомам облучаемой мишени
7. Какое из условий является необходимым для наблюдения фотоэффекта?
- источником света должен быть лазер
 - энергия фотона должна быть больше работы выхода материала фотокатода
 - обязательно должно быть приложено ускоряющее напряжение между фотокатодом и анодом
 - падающий свет должен быть поляризован
8. Какой эксперимент доказал существование в атоме лёгких отрицательно заряженных электронов:
- опыты Томсона по изучению катодных лучей, их отклонению в электрическом и магнитном поле
 - опыты Резерфорда (Гейгера-Марсдена) по рассеянию альфа-частиц на тонкой фольге
 - опыты Дэвисона-Гермера по дифракции электронов на кристаллах
 - опыты по наблюдению узких спектральных линий в спектре излучения нагретых газов
9. Как описывается состояние частицы в квантовой физике
- одновременно точно задаются координата и импульс частицы
 - квантовая механика отказалась от детерменизма и описать состояние частицы невозможно в принципе
 - задаётся волновая функция, связанная с вероятностью обнаружения частицы в разных областях пространства, которая зависит только от одновременно измеряемых переменных
 - задаётся либо точно измеренная координата, либо точно измеренный импульс частицы
10. Что можно сказать про стационарные орбиты электрона в рамках боровской теории атома водорода?
- радиус орбиты электрона может быть любым
 - на стационарной орбите укладывается целое число длин волн де Бройля
 - энергия электрона на стационарной орбите $E_n = E_0 \left(n + \frac{1}{2} \right)$
 - электрон покоится на некотором расстоянии от ядра, чтобы избежать излучения электромагнитных волн

В. Выписать определение, формулу, описание эффекта (2 балла за задание)

1. Что наблюдалось в опытах Дэвиссона-Гермера по дифракции электронов? (описать постановку опыта, какие выводы были сделаны)
2. В чём содержание гипотезы де Бройля? Привести хотя бы один пример подтверждения этой гипотезы на эксперименте.
3. Как связаны максимально достижимые точности одновременного измерения координаты частицы и проекции импульса на это же направление?
4. В каких наблюдаемых явлениях проявляется дискретность уровней энергии электронов в атоме? (привести один из вариантов)
5. Как связано положение максимума спектральной плотности излучения (т.е. «цвет» свечения этого тела) абсолютно чёрного тела с его температурой?

С. Решить задачи (№1-2 балла, №2-5 баллов, №3-3 балла)

1. Материал фотокатода вакуумного элемента подобран так, что его эффективность (вероятность выхода фотоэлектрона при попадании на катод фотона) постоянна в видимой части спектра, а красная граница фотоэффекта $\lambda_{кр} = 909 \text{ нм}$. К фотоэлементу приложен ускоряющий потенциал, так что все фотоэлектроны долетают до анода. Катод последовательно освещают двумя лазерами одинаковой мощности: красным ($\lambda = 650 \text{ нм}$) и синим ($\lambda = 445 \text{ нм}$). Как отличаются измеряемые амперметром в цепи фотоэлемента фототоки в этих двух случаях?
2. Для хранения холодных сжиженных газов, например жидкого азота, температура кипения которого при атмосферном давлении $T_{аз} = 77 \text{ К}$, в физике и технике используют специальные приборы — сосуды Дьюара. Это большие термосы, в которых сжиженный газ находится во внутренней колбе, которая отделена от внешних стенок (находящихся при комнатной температуре $T_{к} = 300 \text{ К}$) вакуумным зазором. Определить скорость испарения азота (килограмм/секунду), если площадь стенок равна $S = 0.3 \text{ м}^2$, а все стенки изготовлены из материала с коэффициентом отражения $\alpha = 0.9$. Теплота испарения азота $\lambda = 200\,000 \text{ Дж/кг}$. Считать, что стенки внутренней колбы находятся при температуре жидкого азота и всё поступающее на них тепло равномерно распределяется.
3. В физике часто используют дифракцию нейтронов для изучения свойств различных кристаллов. Оценить, на какой угол будут отклоняться нейтроны с энергией $E = 25 \text{ мэВ}$ при дифракции на кристалле поваренной соли, период которого равен $a = 5.64 \text{ \AA}$. Массу покоя нейтрона принять равной $Mc^2 \approx 1 \text{ ГэВ}$.