

Вариант №1 ID \_\_\_\_\_ ФИО \_\_\_\_\_

Накопленная оценка:

Семинар: \_\_\_\_\_ Тест1: \_\_\_\_\_  
 ИТОГ(0.4×Семинар+0.6×Тест1): \_\_\_\_\_

Тест2:

Часть А										Часть В					Часть С			Σ, баллы	Σ, 10-балльн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	1	2	3		

Окончательная оценка (0.6×Накопл+0.4×Тест2): \_\_\_\_\_

*Пересчёт оценок теста: 30...27 — 10, 26...24 — 9, 23...21 — 8, 20...16 — 7, 15...13 — 6, 12...11 — 5, 10...8 — 4, 7...6 — 3, 5...4 — 2, 3...0 - 1*

*Пересчёт 10-балльных оценок: 10...8 — отл, 7...6 — хор, 5...4 — уд, 3...1 — неуд*

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

- Как описывается состояние частицы в квантовой механике (для простоты — в одномерном случае)
  - заданием координаты и импульса частицы с абсолютной точностью
  - заданием координаты и импульса частицы с некоторой конечной точностью, определяемой точностью измерения
  - заданием волновой функции, зависящей от координаты **И** импульса частицы
  - заданием волновой функции, зависящей только от координаты **ИЛИ** только от импульса частицы
- Стационарное уравнение Шредингера позволяет найти:
  - координату покоящейся частицы
  - импульс частицы, движущейся по траектории, определяемой этим уравнением
  - энергию частицы, находящейся в одном из стационарных состояний
  - траекторию движения частицы
- Могут ли одинаковые частицы занимать одно квантовомеханическое состояние:
  - Могут без ограничений
  - Бозе-частицы могут, ферми-частицы — не могут
  - Не могут
  - Для заданных частиц ответ зависит от внешних условий
- Чем отличаются 2p и 2s электронные состояния в атоме водорода (в рамках нерелятивистского описания)
  - Значением орбитального квантового числа
  - Это неразличимые состояния
  - Значением главного квантового числа
  - Значением энергии

5. В чем отличие металла от полупроводника
- Отличий нет, оба являются проводниками
  - В обоих случаях электроны становятся подвижными (свободными) из-за термической активации, но в металле характерная температура активации меньше, чем в полупроводнике
  - В металле есть при  $T=0$  свободные электроны, а в полупроводнике нет
  - В обоих случаях электроны становятся подвижными (свободными) из-за термической активации, но в металле характерная температура активации больше, чем в полупроводнике
6. Ядро атома состоит из:
- электронов и позитронов
  - альфа-частиц и бета-частиц
  - протонов и нейтронов
  - кварков
7. Какие из перечисленных частиц не являются лептонами:
- электронное антинейтрино
  - позитрон
  - пион
  - мюон
8. Какое из перечисленных уравнений выражает соотношение неопределённостей Гейзенберга:
- $\sqrt{\langle \Delta p^2 \rangle} \times \sqrt{\langle \Delta x^2 \rangle} \geq \frac{\hbar}{2}$
  - $i \hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H} \Psi$
  - $\Psi(x) = e^{ikx}$
  - $E_n = -Ry \frac{1}{n^2}$
9. С каким взаимодействием связано объединение кварков в барион (например, в протон или нейтрон):
- электромагнитным
  - сильным
  - слабым
  - очень сильным
10. Какие наблюдения позволяют экспериментально проверить, что в ядре Солнца протекают термоядерные реакции:
- наблюдение солнечных нейтрино
  - соответствие спектра излучения Солнца спектру абсолютно черного тела
  - наблюдение линейчатых спектров различных элементов в спектре излучения Солнца

d) существование у Солнца магнитного поля

**Часть В. Дать развернутый ответ (определение, формула, описание) (2 балла за задание)**

1. Как определяется максимальная энергия электронов в металле при  $T=0$ ? Напишите формулу.
2. Какими квантовыми числами описывается состояние электрона в водородоподобном атоме? Назовите смысл хотя бы двух из них?
3. Почему при приложении напряжения возникает электрический ток между близко поднесёнными, но не соприкасающимися, металлическими электродами? Как этот ток зависит от расстояния между электродами? Напишите формулу этой зависимости.
4. Для чего нужны ускорители частиц?
5. Какие типы лептонов существуют? Какие из них стабильны (не распадаются)?

**Часть С. Решить задачи (№1- 2 балла, №2 — 4 балла, №3 — 4 балла)**

1. В одномерной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками находится три электрона. Ширина ямы равна  $3\text{Å}$ . Найти полную энергию системы, пренебрегая взаимодействием электронов друг с другом.
2. До какой энергии должны быть ускорены электроны и позитроны в электрон-позитронном коллайдере, чтобы в столкновениях начали рождаться протон-антипротонные пары.
3. Позитроний (пара электрон и позитрон, образующая водородоподобный атом) находится в возбужденном состоянии с  $n=2$ . Последовательно происходит переход в основное состояние с излучением фотона и аннигиляция  $e^- + e^+ \rightarrow 2\gamma$  с образованием двух гамма-квантов. Найти энергии этих фотонов.

Вариант №2 ID \_\_\_\_\_ ФИО \_\_\_\_\_

Накопленная оценка:

Семинар: \_\_\_\_\_ Тест1: \_\_\_\_\_  
 ИТОГ(0.4×Семинар+0.6×Тест1): \_\_\_\_\_

Тест2:

Часть А										Часть В					Часть С			Σ, баллы	Σ, 10-балльн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	1	2	3		

Окончательная оценка (0.6×Накопл+0.4×Тест2): \_\_\_\_\_

*Пересчёт оценок теста: 30...27 — 10, 26...24 — 9, 23...21 — 8, 20...16 — 7, 15...13 — 6, 12...11 — 5, 10...8 — 4, 7...6 — 3, 5...4 — 2, 3...0 - 1*

*Пересчёт 10-балльных оценок: 10...8 — отл, 7...6 — хор, 5...4 — уд, 3...1 — неуд*

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

- Как описывается движение частицы (эволюция состояния частицы) в квантовой механике:
  - как движение частицы по определенной траектории
  - законами Ньютона
  - нестационарным уравнением Шредингера
  - уравнением механики в форме Гамильтона
- Как волновая функция частицы связана с вероятностью ее нахождения в данной точке пространства:
  - вероятность обнаружить частицу в данной точке пропорциональна квадрату модуля волновой функции
  - вероятность обнаружить частицу в данной точке пропорциональна квадрату волновой функции
  - вероятность обнаружить частицу в данной точке пропорциональна волновой функции
  - вероятность обнаружить частицу в данной точке обратно пропорциональна квадрату волновой функции
- Принципом Паули (запретом Паули) называется утверждение о:
  - невозможности одновременно измерить координату и импульс частицы
  - возможности существования стационарных состояний с определённым значением энергии
  - квантовании уровней энергии для финитного движения частицы
  - невозможности двум ферми-частицам занимать одно квантовомеханическое состояние
- При конечной температуре колебания двухатомной молекулы водорода играют роль (оказываются важными) в следующем случае:

- a) температура, умноженная на постоянную Больцмана, равна энергии ионизации атома водорода
- b) температура, умноженная на постоянную Больцмана, превышает энергию кванта колебаний
- c) температура, умноженная на постоянную Больцмана, меньше энергии кванта колебаний
- d) Согласно теореме о равнораспределении при любой температуре эта степень свободы не важна.
5. Подвижность электрона в металле или полупроводнике может быть описана в квантовой механике как:
- a) Стационарные состояния электронов вблизи их «родительских» атомов
- b) Это может быть описано в классической физике и не является квантовым эффектом
- c) Подвижность электрона в кристалле металла или полупроводника является следствием туннелирования электрона между атомами
- d) Эффект тепловой активации электронов
6. Что испускает ядро атома при альфа-распаде:
- a) электрон
- b) позитрон
- c) нейтрон
- d) ядро гелия-4
7. Какие из перечисленных частиц являются лептонами:
- a) протон
- b) s-кварк
- c) мюон
- d) пион
8. Какое из перечисленных уравнений описывает зависимость энергии стационарного состояния водородоподобного атома от квантовых чисел (в нерелятивистском случае)
- a)  $E_n = \hbar \omega \left( n + \frac{1}{2} \right)$
- b)  $E_n = \frac{\hbar^2}{2I} n(n+1)$
- c)  $E_n = -Ry \frac{1}{n^2}$
- d)  $E(n, l) = -\frac{E_0}{n^2 + l^2}$
9. С каким взаимодействием связано превращение кварков друг в друга при распадах частиц (например при распаде свободного нейтрона):
- a) электромагнитным
- b) сильным

- c) слабым
  - d) очень сильным
10. Какие наблюдения позволяют установить, что нейтрон тяжелее протона:
- a) отсутствие заряда у нейтрона
  - b) то, что в тяжёлых ядрах нейтронов больше, чем протонов
  - c) то, что свободный нейтрон распадается на протон, электрон и электронное антинейтрино
  - d) то, что в ядре атома водорода содержится протон, а не нейтрон

**Часть В. Дать развернутый ответ (определение, формула, описание) (2 балла за задание)**

1. Как изменяется удельная теплоемкость твердого тела при низких и высоких температурах? Напишите формулы  $C(T)$ .
2. Какие экспериментальные результаты подтверждают теорию о передаче взаимодействия посредством обмена частицами-переносчиками взаимодействия (привести 1-2 примера).
3. На контакте, состоящем из разделенных тонким слоем изолятора двух сверхпроводников, возможно туннельное проникновение куперовских пар между контактами. Чем сопровождается такое туннелирование, если между сверхпроводниками поддерживается напряжение  $U$ . Напишите формулу, описывающую этот процесс.
4. Известно, что таблетка оксида плутония-238 самопроизвольно нагревается докрасна. Плутоний-238 испытывает альфа-распад с периодом полураспада около 90 лет. Откуда возникает идущая на нагрев энергия и какой эффект определяет установившуюся равновесную температуру? Считать, что таблетка находится в вакууме.
5. Какие типы кварков существуют? Приведите пример кваркового состава 2-3 различных частиц.

**Часть С. Решить задачи (№1- 2 балла, №2 — 3 балла, №3 — 5 балла)**

1. Две металлических иглы расположены в вакууме так, что расстояние между их остриями составляет 1 нм. При приложении к ним небольшого напряжения наблюдается возникновение электрического тока. Как и во сколько раз изменится этот ток, если с острия одной из игл из-за окисления «пропадёт» несколько атомов и расстояние между иглами увеличилось на  $1 \text{ \AA}$  (величину типичного размера атома). Работу выхода принять равной  $2\text{эВ}$ .
2. В типичном металле концентрация электронов равна  $10^{28} \frac{1}{\text{м}^3}$ . Оценить, какое давление газ электронов оказывает на металл при комнатной температуре. Для оценки можно принять, что средняя энергия электронов равна фермиевской.
3. В одномерной потенциальной яме с бесконечными стенками шириной  $2 \text{ \AA}$  находятся два электрона. При приложении магнитного поля начинают различаться энергии электронов с разной проекцией спина:  $E = 2\mu_B B S_z$ , где магнетон Бора  $\mu_B = 0.927 \cdot 10^{-29} \text{ Дж/Тл}$ . В нулевом магнитном поле оба электрона могут занимать основное состояние, при этом их спины антипараллельны. При переходе одного электрона на второй уровень становится возможна параллельная ориентация спинов. В каком магнитном поле при  $T=0$  такой переход электрона станет энергетически выгоден?