Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Омский государственный технический университет»
Кафедра физики

Задания для выполнения домашнего задания
по дисциплине
«Основы квантовой механики»

Индивидуальное задание 1 семестра

Базовые принципы и экспериментальные основания квантовой механики.

1. Покоящееся ядро Hs-269 испытывает альфа-распад. Кинетическая энергия альфа-частицы 9368 кэВ. С какой скоростью движется дочернее (т.е. образовавшееся в результате распада) ядро?
2. Покоящееся ядро Og-294 испытывает альфа-распад. Кинетическая энергия альфа-частицы 11 МэВ. Найдите импульс ядра отдачи.
3. Ядро Lv-291 движется со скоростью 20 км/с и испытывает альфа-распад. Скорость альфа-частицы 850 км/сек. Найдите кинетическую энергию дочернего ядра.
4. Ядро Fl-289 движется со скоростью 25 км/с и испытывает альфа-распад. Скорость ядра отдачи 7.50 км/сек. Найдите кинетическую энергию альфа-частицы.
5. Ядро фтора-19 имеющее кинетическую энергию 120 МэВ налетает на покоившееся ядро свинца-208 и сливается с ним. С какой скоростью движется образовавшееся составное ядро?
6. Ядро ксенона-128, имеющее кинетическую энергию 520 МэВ налетает на покоившееся ядро золота-197 и сливается с ним. Найдите импульс составного ядра
7. Ядро хлора-37, имеющее кинетическую энергию 230 МэВ налетает на покоившееся ядро титана-50 и сливается с ним. С какой скоростью движется образовавшееся составное ядро
8. В 1967 году в Дубне (СССР) был синтезирован новый элемент, который теперь называется дубнием (Db). Чтобы получить этот элемент, неподвижную мишень из америция-243 облучали ионами неона-22. Известно, что новый элемент может возникнуть лишь при условии, что поверхности ядер соприкоснутся. Какова должна быть минимальная энергия ядра неона (в МэВ), необходимая для этого?
9. В 2002 году в Дубне (Россия) был синтезирован новый элемент, который теперь называется оганесоном (Og). Чтобы получить этот элемент, неподвижную мишень из калифорния-249 облучали ионами кальция-48. Известно, что новый элемент может возникнуть лишь при условии, что поверхности ядер соприкоснутся. Какова должна быть минимальная энергия ядра кальция (в МэВ), необходимая для этого?

10. Сколько электронов в двухзарядном положительном атомарном ионе ртути? Каковы масса и заряд этого иона?

11. Сколько электронов в однозарядном отрицательном ионе азота, входящего в состав воздуха?

12. Сколько протонов в ядре атома свинца-204?

13. Сколько нейтронов в ядре атома висмута-209?

14. Как и во сколько раз различаются объёмы атома и ядра германия-72?

15. Вычислите кинетическую энергию альфа-частицы (в МэВ), де-бройлевская длина волны которой 150 фм.

16. Вычислите де-бройлевскую длину волны электрона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов 25 В

17. Вычислите де-бройлевскую длину волны ядра дубния-262, прошедшего ускоряющую разность потенциалов 25 МВ.

18. . Покоящийся атом дейтерия, находившийся в основном состоянии, поглотил фотон длиной волны 60 нм. В результате атом испустил электрон (т.е. произошла ионизация). Электрон вылетел в том же направлении, куда двигался фотон. Определите скорость электрона и ядра.

19. . Фотон с энергией 1.75 кэВ рассеивается на электроне на угол 30о. Какова длина волны рассеянного фотона?

20. Какова должна быть максимальная длина волны излучения, вызывающего фотоэффект в литии?

21. Альфа-частица при торможении может испустить максимум четыре фотона с длиной волны 200 нм. Какова скорость α-частицы?

22. Доказать, что свободный электрон не может излучить один фотон.

23. Параллельный пучок лучей длиной волны 0,55 мкм падает нормально на зеркальную поверхность, производя давление 0,75 нН/см^2. Определить концентрацию фотонов в пучке и число фотонов, падающих по нормали на 2.5 см^2 за 14 сек.

24. Спектральная плотность энергетической светимости является функцией циклической частоты. Преобразуйте ее так, чтобы она стала функцией длины волны излучения.

25. Используя спектральную плотность энергетической светимости как функцию длины волны излучения, получите закон Вина - длину волны, на которой интенсивность излучения максимальна.

26. Получите приближённое выражение для постоянной Стефана-Больцмана, приведя интеграл от спектральной плотности энергетической светимости к безразмерному виду.

27. Получите закон Стефана-Больцмана из соображений размерности.

28. Из смотрового окна закалочной печи, имеющего диаметр 6,0 см, ежесекундно излучается 81 Дж энергии. Излучение этого окна в четыре раза меньше, чем излучение абсолютно черного тела, имеющего такую же температуру. Какова температура печи?

29. Электрическая лампа мощностью 100 Вт имеет вольфрамовую нить длиной 19 см и диаметром 100 мкм. Эта нить нагревается до 3000 К. Во

сколько раз отличается излучательная способность нити от излучательной способности абсолютно черного тела?

30. Гелий-неоновый лазер непрерывного действия мощностью 40 мВт генерирует излучение с длиной волны 632.8 нм. Определите массу луча этого лазера, если его длина 40 см, а диаметр 2,5 мм.

31. Температура абсолютно черного тела составляет 900 К. Определить, на сколько она изменится, если длина волны, отвечающая пику спектра излучения, увеличится на 0,40 мкм.

32. Вычислить длину волны, соответствующую максимуму в спектре излучения электрической лампочки, температура нити которой 3000 К.

33. Рабочим телом гелий-неонового лазера служит смесь гелия и неона в пропорции 5:1 по числу атомов, находящаяся в стеклянной колбе под давлением 300 Па при температуре $+10^{o}$C. Сколько атомов неона содержится в кубе активной среды с ребром 25 мм?

34. Лазер с ядерной накачкой (ЛЯН) представляет собой трубку с газом, помещённую в поток тепловых нейтронов. Нейтроны вызывают реакции в ядерно-активном веществе ^{10}B, которое нанесено в виде тонкого слоя на внутреннюю поверхность трубки. В ядерной реакции образуются быстрые ионы, которые ионизуют и возбуждают атомы находящегося в трубке рабочего газа ксенона, формируя активную среду. Напишите уравнение ядерной реакции в ЛЯН, если в результате неё образуются два продукта, массовые числа которых различаются на 3.

35 Электроионизационный CO_2-лазер генерирует электромагнитное излучение длины волны 9,6 мкм в импульсном режиме. Длительность импульса 30 мксек, мощность излучения в импульсе 70 МВт. Определите амплитуду элек5трической индукции этого излучения в воздухе, если диаметр луча лазера 8,5 мм.

36. В эксимерном лазере ультрафиолетовое излучение с длиной волны 193 нм генерируется при диссоциативной рекомбинации молекулы $Ar^{+}F$. Мощность излучения лазера 12 кВт в непрерывном режиме. Определите максимальную силу, которая может действовать на зеркальце радиусом 20 мм со стороны этого излучения, если диаметр луча лазера 340 мкм.

37. Найти неопределенность скорости для медной пылинки диаметром 1.6 мкм, координата, которой определена с погрешностью 12 нм.

38. Предположим, что электрон в атоме водорода обращается вокруг ядра по круговой орбите радиусом 50·пм. Используя законы классической физики, найдите его скорость.

39. На какой максимальный промежуток времени может виртуально появиться пара протон-антипротон?

40. Получить стационарное уравнение Шредингера из нестационарного.

Индивидуальное задание 2 семестра

Одномерные задачи квантовой механики. Пространственные задачи квантовой механики.

41. Пусть в некоторой точке пространства в некоторый момент времени волновая функция Ψ=2+3i. Найдите Ψ^* и |Ψ|.

42. Пусть в некоторой точке пространства в некоторый момент времени волновая функция Ψ=2 exp(3i). Найдите Ψ^* , вещественную и мнимую части ВФ, а также |Ψ|.

43. Почему функция sin(kx) не может быть решением стационарного уравнения Шрёдингера для свободной частицы?

44. Может ли функция cos(kx) быть решением стационарного уравнения Шрёдингера для свободной частицы?

45. Оцените прозрачность прямоугольного барьера высотой $23 \cdot 10^{-13}$ Дж и толщиной 20 фм для альфа-частицы, имеющей полную энергию 8,5 МэВ.

46. Вероятность прохождения нейтрона через прямоугольный барьер высотой 12.5 МэВ и шириной 9.2 фм составляет 1.5%. Какова скорость этого нейтрона?

47. Вычислить прозрачность прямоугольного барьера высотой $37 \cdot 10^{-13}$ Дж и толщиной 12 фм для протона, имеющего полную энергию 9,5 МэВ.

48. Получите приближённую формулу для уровней энергии частицы, которая падает в поле силы тяжести и отражается от абсолютно упругой горизонтальной плоскости.

49. Оцените энергию основного состояния нейтрона, который свободно падает в поле силы тяжести.

50. Длина волны λ излучаемого атомом фотона составляет 0,6 мкм. Принимая время жизни возбужденного состояния $\Delta t = 10^{-8}$ с, определить отношение естественной ширины энергетического уровня, на который был возбужден электрон, к энергии, излученной атомомΔE/E.

51. Принимая, что электрон находится внутри атома диаметром 230 пм, определить (в электрон-вольтах) неопределенность энергии этого электрона.

52. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной l с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии (n=2). Определить вероятность обнаружения частицы в области $2/4\ l \le X \le 3/4\ l$.

53. Электрон находится в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной l с бесконечно высокими «стенками». Определить вероятность нахождения электрона в средней трети «ямы», если электрон находится в возбужденном состоянии (n = 3).

54. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной l с бесконечно высокими «стенками» находится в основном состоянии. Определить вероятность обнаружения частицы в левой трети «ямы».

55. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной l с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии (n=3). Определить, в каких точках «ямы» ($0 \le X \le l$) плотность вероятности обнаружения частицы максимальна. Пояснить полученный результат графически.

56. Электрон с энергией E = 5 эВ движется в положительном направлении оси x, встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высоты U = 10 эВ и шириной l = 0,1 нм. Определить коэффициент D прозрачности потенциального барьера.

57. Прямоугольный потенциальный барьер имеет ширину l = 0,1 нм. Определить в электрон-вольтах разность энергии U – E, при которой вероятность прохождения электрона сквозь барьер составит 0,5.

58. Протон с энергией 6.5 МэВ движется в положительном направлении оси x, встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой 10 МэВ и шириной 7.5 фм. Определить вероятность прохождения протоном этого барьера.

59. Первоначальная масса радиоактивного изотопа йода $^{131}_{53}\mathrm{I}$ (период полураспада $T_{1/2}$ = 8сут) равна 1 г. Определить: 1) начальную активность изотопа; 2) его активность через 3 сут.

60. Начальная активность 1 г изотопа радия $^{226}_{88}\mathrm{Ra}$ равна 1 Ки. Определить период полураспада $T_{1/2}$ этого изотопа.

61. Определить период полураспада $T_{1/2}$ некоторого радиоактивного изотопа, если его активность за 5 сут уменьшилась в 2,2 раза.

62. Пользуясь таблицей Менделеева и правилами смещения, определить, в какой элемент превращается $^{238}_{92}\mathrm{U}$ после трех α- и двух β^--распадов.

63. Определить энергетический эффект реакции $^{7}_{3}\mathrm{Li}+^{1}_{1}\mathrm{H}\rightarrow^{7}_{4}\mathrm{Be}+^{1}_{0}\mathrm{n}$.

64. Определить энергетический эффект реакции $^{2}_{1}\mathrm{H}+^{3}_{1}\mathrm{H}\rightarrow^{4}_{2}\mathrm{He}+^{1}_{0}\mathrm{n}$.

65. Альфа-частица с энергией 12 МэВ движется в одномерной потенциальной яме, имеющей форму гармонического осциллятора, находясь в основном состоянии. Найдите жёсткость такого осциллятора.

66. Альфа-частица с энергией 6.2 МэВ движется в одномерной потенциальной яме, имеющей форму гармонического осциллятора, находясь во втором возбуждённом состоянии. Найдите жёсткость такого осциллятора.

67. Получите приближённую формулу для уровней энергии гармонического осциллятора из условия образования стоячих волн.

68. Каков должен быть порядковый номер элемента, чтобы его водородоподобный ион мог излучить фотон с длиной волны, равной 100 пм.

69. Получите приближённое выражение для уровней энергии водородоподобного иона из условия образования стоячих волн.

70. С какой скоростью движется атом водорода после испускания фотона, соответствующего максимальной длине волны в серии Лаймана?