

**Домашние задания по дисциплине «Физика и естествознание»
для студентов II курса IV семестра факультета ИБМ**

(2016)

Варианты домашних заданий

Вариант	Номера задач			
	Модуль 5 ДЗ № 1		Модуль 6 ДЗ № 2	
1	1.1	2.1	3.1	4.1
2	1.2.1	2.2	3.2.1	4.2
3	1.2.2	2.3	3.2.2	4.3
4	1.2.3	2.4	3.2.3	4.4
5	1.3	2.5	3.2.4	4.5
6	1.4	2.6	3.3.1	4.6
7	1.5	2.7	3.3.2	4.7
8	1.6	2.8	3.3.3	4.8
9	1.7	2.9	3.3.4	4.9
10	1.8	2.10	3.4.1	4.10
11	1.9.1	2.11	3.4.2	4.11
12	1.9.2	2.12.1	3.4.3	4.12
13	1.9.3	2.12.2	3.4.4	4.13
14	1.9.4	2.12.3	3.5.1.	4.14
15	1.10	2.12.4	3.5.2	4.15
16	1.11	2.13.1	3.5.3	4.16
17	1.12.1	2.13.2	3.5.4	4.17
18	1.12.2	2.13.3	3.6	4.18
19	1.12.3	2.13.4	3.7	4.19
20	1.13	2.13.5	3.8	4.20

При выполнении домашних заданий рекомендуется использовать методические указания к решению задач по курсу общей физики. Авторы: Л.К. Мартинсон, Е.В. Смирнов. Разделы: «Квантовая природа излучения. Гипотеза Планка», «Волновые свойства частиц. Гипотеза де Бройля», «Уравнение Шредингера. Стационарные задачи квантовой механики», «Квантовая статистика Ферми – Дирака. Электронный газ», «Физика атомного ядра и элементарных частиц». Эти пособия можно найти на сайте кафедры физики МГТУ имени Баумана. Также рекомендуется использовать задачники: И.Е. Иродов «Задачи по общей физике», А.Г. Чертов, А.А. Воробьев «Задачник по физике», И.Е. Иродов «Атомная и ядерная физика».

Модуль 5. Домашнее задание № 1

Задача 1. Тепловое излучение. Фотоэффект

1.1. При увеличении температуры абсолютно черного тела в $\eta = 2$ раза длина волны, на которую приходится максимум испускательной способности этого тела, сокращается на $\Delta\lambda = 0,8$ мкм. Определите начальную температуру тела.

1.2. Определить, какую мощность необходимо подводить к медному шарiku диаметром d , чтобы при температуре окружающей среды $T_0 = 295$ К поддерживать его температуру равной T (см. табл. 1). Потери считать обусловленными только излучением. Поглощательная способность меди a_T .

1.3. Определить, во сколько раз необходимо уменьшить термодинамическую температуру черного тела, чтобы его энергетическая светимость R_λ снизилась в n раз.

1.4. Температура внутренней поверхности муфельной печи при открытом отверстии (окне) площадью 30 см^2 равна $1,3$ кК. Принимая отверстие за черное тело, определить, какая часть мощности рассеивается стенками печи, если последняя потребляет $1,5$ кВт.

1.5. Вследствие изменения температуры абсолютно черного тела максимум испускательной способности сместился с $\lambda_1 = 2,4$ мкм до $\lambda_2 = 0,8$ мкм. Как и во сколько раз изменилась энергетическая светимость R_λ этого тела?

1.6. Мощность (P) излучения шара радиусом $R = 10$ см при некоторой постоянной температуре (T) равна 1 кВт. Определить эту температуру, рассматривая шар как серое тело с поглощательной способностью $a_T = 0,25$.

1.7*. Полость объемом $V = 1,0$ л заполнена тепловым излучением при температуре $T = 1000$ К. Определить теплоемкость C_V этого излучения.

1.8. При поочередном освещении поверхности некоторого металла светом с длинами волн $\lambda_1 = 0,35$ мкм и $\lambda_2 = 0,54$ мкм обнаружили, что соответствующие максимальные скорости фотоэлектронов отличаются друг от друга в $\eta = 2$ раза. Определить работу выхода с поверхности этого металла.

1.9. Определить красную границу фотоэффекта для указанного металла и максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с его поверхности излучением с длиной волны $\lambda = 250$ нм (см. табл. 2)

1.10. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектронов, если красная граница фотоэффекта составляет $\lambda_0 = 307$ нм и максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона равна 1 эВ?

1.11. Максимальная скорость фотоэлектронов при освещении цезиевого электрода монохроматическим светом оказалась равной $v_{\max} = 0,55$ Мм/с. Работа выхода для цезия $A_\phi = 1,89$ эВ. Определить длину волны света, падающего на электрод.

1.12. Определить энергию падающих фотонов и максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с поверхности указанного металла, если фототок прекращается при приложении задерживающего напряжения U_0 (см. табл. 3).

1.13. Плоский серебряный электрод освещается монохроматическим излучением с длиной волны $\lambda = 80$ нм. Определите, на какое максимальное расстояние от поверхности электрода может удалиться фотоэлектрон, если вне электрода имеется задерживающее электрическое поле напряженностью $E = 10$ В/см. Красная граница фотоэффекта для серебра $\lambda_0 = 264$ нм.

Таблица 1.

Зад.	d , см	T , К	a_T
1.2.1	1,5	473	0,6
1.2.2	2,0	523	0,5
1.2.3	2,5	573	0,4

Таблица 2.

Зад.	Металл	A , эВ
1.9.1	Цинк	3,74
1.9.2	Железо	4,36
1.9.3	Медь	4,47
1.9.4	Никель	4,84

Таблица 3.

Зад.	Металл	A , эВ	U_0 , В
1.12.1	Барий	2,29	7,1
1.12.2	Титан	3,92	6,4
1.12.3	Золото	4,58	5,0

Задача 2. Основы квантовой механики

2.1. Электрон с кинетической энергией $E_K = 4$ эВ локализован в области размером $l = 1$ мкм. Оценить с помощью соотношения неопределенностей относительную неопределенность его скорости.

2.2. Поток нейтронов проходит через узкие радиальные щели в двух дисках из кадмия, поглощающего нейтроны. Диски насажены на общую ось так, что щели повернуты друг относительно друга на угол α . Диски вращаются с угловой скоростью $\omega = 300$ рад/с, расстояние между ними $L = 1$ м. Найти угол α , если длина волны де Бройля пропускаемых таким устройством нейтронов равна $\lambda = 0,1$ нм.

2.3. Вычислить длину волны де Бройля теплового нейтрона, т.е. нейтрона, находящегося в тепловом равновесии с окружающей средой, имеющей комнатную температуру $T = 295$ К.

2.4. Найти дебройлевскую длину волны молекул водорода, соответствующую их средней квадратичной скорости при температуре $T = 293$ К.

2.5. Определить, какую ускоряющую разность потенциалов U должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля для него была равна λ .

2.6. Электрон движется по окружности радиуса $r = 0,5$ см в однородном магнитном поле с индукцией $B = 10$ мТл. Определить длину волны де Бройля этого электрона.

2.7. Параллельный пучок электронов, движущихся со скоростью $v = 1$ Мм/с, падает нормально на диафрагму с длинной щелью шириной $b = 1$ мкм. Пройдя щель, электроны рассеиваются и образуют дифракционную картину на экране, удаленном от плоскости щели на расстоянии $l = 0,5$ м. Определить ширину x центрального максимума интенсивности.

2.8. Определить длину волны де Бройля для электрона, находящегося в атоме водорода на боровской орбите с номером n .

2.9. Используя соотношение неопределенностей, оценить низший энергетический уровень электрона в атоме водорода. Принять линейные размеры атома $l \sim 0,1$ нм.

2.10. Приняв, что минимальная энергия нуклона в составе ядра атома равна $E = 10$ МэВ, оценить, исходя из соотношения неопределенностей, линейные размеры ядра.

2.11. Оценить относительную ширину $\Delta\omega/\omega$ спектральной линии, если известны время жизни атома в возбужденном состоянии $\tau \approx 10^{-8}$ с и длина волны излучаемого фотона $\lambda = 0,55$ мкм.

2.12. Микрочастица массой m находится в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме шириной l ($0 < x < l$) в указанном состоянии n . Определить энергию частицы E_n на соответствующем энергетическом уровне и вероятность W ее нахождения в указанном участке ямы $x_1 < x < x_2$ (см. табл. 4). Решение пояснить графически.

2.13. Электрон проходит через высокий прямоугольный потенциальный барьер шириной $d = 0,5$ нм. Высота U барьера больше энергии E электрона на 2 %. Вычислить коэффициент прозрачности D , если энергия электрона принимает указанные значения (см. табл. 5).

Таблица 4.

Зад.	n	$x_1 < x < x_2$	
2.12.1	1	$\frac{1}{3}l < x < \frac{2}{3}l$	
2.12.2	2	$\frac{1}{4}l < x < \frac{3}{4}l$	
2.12.3	3	$\frac{1}{3}l < x < \frac{2}{3}l$	
2.12.4	4	$\frac{1}{4}l < x < \frac{1}{2}l$	

Таблица 5.

Зад.	E , эВ
2.13.1	5
2.13.2	10
2.13.3	50
2.13.4	100

Таблица 5.(продолжение)

Зад.	E , эВ
2.13.5	150

Модуль 6. Домашнее задание № 2

Задача 3. Электронный газ в металле. Эффект Холла

3.1. Определить концентрацию n свободных электронов в металле при температуре $T = 0$ К. Энергию Ферми E_F принять равной 2 эВ.

3.2. Определить число свободных электронов, которое приходится на один атом металла при температуре $T = 0$ К. Уровень Ферми E_F и плотность ρ металла указаны в табл. 6.

3.3. Вычислить среднюю кинетическую энергию $\langle E \rangle$ электронов в металле при температуре $T = 0$ К, если задан уровень Ферми (см. табл. 7).

3.4. Оценить температуру вырождения $T_{кр}$ для заданного металла, если принять, что на каждый атом приходится по одному свободному электрону. Плотность ρ металла указана в табл. 8.

3.5. Определить максимальную v_{max} и среднюю $\langle v \rangle$ скорости электронов в металле при $T = 0$ К, если задан уровень Ферми (см. табл. 9).

3.6. Собственный полупроводник (кремний) имеет при некоторой температуре удельное сопротивление $\rho = 0,96$ Ом·м. Определить концентрацию n носителей заряда, если подвижности b_n и b_p электронов и дырок соответственно равны 0,18 и 0,08 м²/(В·с).

3.7. Полупроводник в виде пластины шириной $l = 1$ см и длиной $L = 10$ см помещен в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,2$ Тл. Вектор магнитной индукции перпендикулярен плоскости пластины. К концам пластины (по направлению L) приложено постоянное напряжение $U = 300$ В. Определить холловскую разность потенциалов U_H на гранях пластины, если постоянная Холла $R_H = 0,1$ м³/Кл, удельное сопротивление материала пластины $\rho = 0,5$ Ом·м.

3.8. Определить постоянную Холла для натрия, если для него отношение концентрации электронов проводимости к концентрации атомов составляет 0,984. Плотность натрия $\rho = 0,97$ г/см³.

Таблица 6.

Зад.	Металл	ρ , кг/м ³	E_F , эВ
3.2.1	Калий	860	1,9
3.2.2	Натрий	970	3,1
3.2.3	Алюминий	2700	11,7
3.2.4	Медь	8930	7,0

Таблица 7.

Зад.	Металл	E_F , эВ
3.3.1	Калий	1,9
3.3.2	Натрий	3,1
3.3.3	Медь	7,0
3.3.4	Алюминий	11,7

Таблица 8.

Зад.	Металл	ρ , кг/м ³
3.4.1	Железо	7870
3.4.2	Никель	8800
3.4.3	Серебро	10500
3.4.4	Вольфрам	19300

Таблица 9.

Зад.	Металл	E_F , эВ
3.5.1	Литий	4,7
3.5.2	Натрий	3,1
3.5.3	Медь	7,0
3.5.4	Алюминий	11,7

Задача 4. Радиоактивный распад

- 4.1. Какова вероятность того, что данный атом в изотопе радиоактивного йода I^{131} распадается в течение ближайшей секунды?
- 4.2. Какая часть начального количества атомов распадается за один год в радиоактивном изотопе тория Th^{229} ?
- 4.3. Какая доля радиоактивных ядер кобальта Co^{60} распадается за месяц?
- 4.4. Сколько β -частиц испускает за один час 1,0 мкг Na^{24} , период полураспада которого 15 ч?
- 4.5. При изучении β -распада Mg^{23} в момент $t = 0$ был включен счетчик. К моменту $t_1 = 2,0$ с он зарегистрировал N_1 β -частиц, а к моменту $t_2 = 3 t_1$ – в 2,66 раза больше. Найти среднее время жизни данных ядер.
- 4.6. За какое время t распадается $\frac{1}{4}$ начального количества ядер радиоактивного изотопа, если период его полураспада $T_{1/2} = 24$ ч?
- 4.7. За время $t = 8$ сут распалось $\eta = \frac{3}{4}$ начального количества ядер радиоактивного изотопа. Определить период полураспада.
- 4.8. Активность некоторого радионуклида уменьшилась в 2,5 раза за 7 сут. Найти его период полураспада.
- 4.9. В начальный момент активность некоторого радиоизотопа составляла $1,2 \cdot 10^6$ Бк. Какова будет его активность по истечении половины периода полураспада?
- 4.10. Найти постоянную распада и среднее время жизни радиоактивного Co^{55} , если его активность уменьшается на 4,0 % за 1 ч.
- 4.11. Препарат U^{238} массы 1,0 г излучает $1,24 \cdot 10^4$ альфа-частиц в секунду. Найти его период полураспада.
- 4.12. В урановой руде отношение числа ядер U^{238} к числу ядер Pb^{206} составляет $\eta = 2,8$. Оценить возраст руды, считая, что весь свинец Pb^{206} является конечным продуктом распада уранового ряда. Период полураспада U^{238} равен $4,5 \cdot 10^9$ лет.
- 4.13. Удельная активность препарата, состоящего из активного кобальта Co^{58} и неактивного Co^{59} , составляет $2,2 \cdot 10^{12}$ Бк/г. Период полураспада Co^{58} равен 71,3 сут. Найти отношение массы активного кобальта в этом препарате к массе препарата.
- 4.14. Периоды полураспада ядер U^{238} и U^{235} равны $T_1 = 4,5 \cdot 10^9$ лет и $T_2 = 7,1 \cdot 10^8$ лет соответственно. В настоящее время в природном уране относительные распространенности этих изотопов составляют $C_1 = 99,27$ % и $C_2 = 0,72$ %. Считая, что в момент образования Земли имелись равные количества этих изотопов, оцените возраст Земли.
- 4.15. Масс-спектрометрический анализ образцов лунной породы показал, что отношение количества атомов Ar^{40} и K^{40} в ней составляет $\eta = 10,3$. Считая, что аргон целиком образовался из калия в результате радиоактивного распада, определите возраст лунной породы. Период полураспада изотопа K^{40} составляет $T = 1,25 \cdot 10^9$ лет.
- 4.16. Определить число радиоактивных ядер в свежеприготовленном препарате Br^{82} , если известно, что через сутки его активность стала равной $7,4 \cdot 10^9$ Бк.
- 4.17. Вычислить постоянную распада, среднее время жизни и период полураспада радионуклида, активность которого уменьшается в 1,07 раза за 100 сут.

4.18. Свежеприготовленный препарат содержит 1,4 мкг радиоактивного Na^{24} . Какую активность он будет иметь через сутки?

4.19. Ra^{226} , являясь продуктом распада U^{238} , содержится в последнем в количестве одного атома на каждые $2,8 \cdot 10^6$ атомов урана. Найти период полураспада U^{238} , если известно, что он значительно больше периода полураспада Ra^{226} , который равен 1620 лет.

4.20. Определить возраст древних деревянных предметов, у которых удельная активность C^{14} составляет $3/5$ удельной активности этого же радионуклида в только что срубленных деревьях.