

Федеральное агентство по образованию РФ

Ухтинский государственный технический университет

Физика

Квантовая оптика. Атомная и ядерная физика

Контрольные задания для студентов
дневной и заочной формы обучения всех
специальностей технических вузов и бакалавриата

Ухта
2008

УДК 53 075

П 32

ББК 22.3. Я7

Перфильева, Э.А. Физика. Квантовая оптика. Атомная и ядерная физика [Текст]: метод. указания/ Э.А. Перфильева, В.Н.Шамбулина. – Ухта: УГТУ, 2008 г. – 19 с.; ил.

Методические указания предназначены для выполнения контрольной работы по темам «Квантовая оптика. Атомная и ядерная физика» для студентов всех специальностей технических вузов.

Методические указания охватывают основные разделы квантовой оптики, атомной и ядерной физики.

Содержание методических указаний соответствует учебной рабочей программе.

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой физики от 13.03.08, пр. № 5.

Рецензент: Филиппов Г.П., старший преподаватель кафедры физики
Ухтинского государственного технического университета.

Редактор: Северова Н.А., доцент кафедры физики
Ухтинского государственного технического университета.

В методических указаниях учтены предложения рецензента и редактора.

План 2008г., позиция

Подписано в печать . . . г. Компьютерный набор.

Объем 19 с. Тираж 50 экз. Заказ № .

© Ухтинский государственный технический университет, 2008
169300, г. Ухта, ул. Первомайская, 13.

Отдел оперативной полиграфии УГТУ.
169300, г. Ухта, ул. Октябрьская, 13.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к контрольным заданиям по квантовой оптике, атомной и ядерной физике.

Контрольные задания составлены в 15 вариантах по 7 задач в каждом; Предложенные задачи охватывают все основные разделы квантовой физики, физики атома и атомного ядра.

Задачи расположены следующим образом:

- 1 задача - Законы теплового излучения. Закон Стефана -Больцмана. Законы Вина. Формула Планка.
- 2 задача - Фотоэлектрический эффект.
- 3 задача - Эффект Комптона.
- 4 задача - Давление света. Фотоны.
- 5 задача - Атом водорода по теории Бора.
- 6 задача - Закон радиоактивного распада. Активность.
- 7 задача - Дефект массы. Энергия связи. Ядерные реакции. Энергия радиоактивного распада ядер.

В конце заданий приведена таблица ответов.

Контрольные задания могут быть использованы в качестве домашней контрольной работы по квантовой оптике, атомной и ядерной физике.

Контрольные задания рекомендуются для студентов дневного отделения всех специальностей технических вузов и бакалавриата.

ВАРИАНТ 1

1. Поток излучения абсолютно черного тела $\Phi_e = 10$ кВт. Максимум энергии излучения приходится на длину волны $\lambda_m = 0,8$ мкм. Определить площадь S излучающей поверхности.
2. На металлическую пластину направлен монохроматический пучок света с частотой $\nu = 7,3 \cdot 10^{14}$ Гц. Красная граница λ_0 фотоэффекта для данного материала равна 560 нм. Определить максимальную скорость V_{max} фотоэлектронов.
3. Фотон с энергией $\varepsilon_1 = 0,51$ МэВ при рассеянии на свободном электроне потерял половину своей энергии. Определить угол рассеяния θ .
4. На расстоянии $r = 5$ м от точечного монохроматического ($\lambda = 0,5$ мкм) изотропного источника расположена площадка ($S = 8$ мм²) перпендикулярно падающим пучкам. Определить число N фотонов, ежесекундно падающих на площадку. Мощность излучения $P = 100$ Вт.
5. Определить энергию ε фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на основной.
6. Активность A некоторого изотопа за время $t = 10$ сут уменьшилась на 20%. Определить период полураспада $T_{1/2}$ этого изотопа.
7. Вычислить энергетический эффект Q реакции
$${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}$$

ВАРИАНТ 2

1. Абсолютно черное тело имеет температуру $T_1 = 500$ К. Какова будет температура T_2 тела, если в результате нагревания поток излучения увеличился в $n = 5$ раз?
2. На поверхность металла падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,1$ мкм. Красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 0,3$ мкм. Какая доля энергии фотона расходуется на сообщение электрону кинетической энергии?
3. Определить максимальное изменение длины волны ($\Delta \lambda_{\max}$) при комптоновском рассеянии света на свободных электронах.
4. Определить коэффициент отражения ρ поверхности, если при энергетической освещенности $E_e = 120$ Вт/м² давление P света на нее оказалось равным 0,5 мкПа.
5. Найти наибольшую $\lambda_{\max}$ и наименьшую $\lambda_{\min}$ длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода (серии Пашена).
6. Определить число N атомов радиоактивного препарата йода $^{131}_{53}\text{I}$ массой $m = 0,5$ мкг, распавшихся в течение времени $t = 1$ мин. ($T_{1/2} \text{ } ^{131}_{53}\text{I} = 8$ суток).
7. Вычислить энергетический эффект Q реакции
$$^9_4\text{Be} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{12}_6\text{C} + ^1_0\text{n}$$

ВАРИАНТ 3

1. С поверхности сажи площадью $S = 2 \text{ см}^2$ при температуре $T = 400 \text{ К}$ за время $t = 5$ мин излучается энергия $W = 83 \text{ Дж}$. Определить коэффициент черноты $\alpha_{\text{сажи}}$.
2. На металлическую пластину падает монохроматический свет ($\lambda = 0,413 \text{ мкм}$). Поток фотоэлектронов, вырываемых с поверхности металла, полностью задерживается, когда разность потенциалов тормозящего электрического поля достигает $U = 1,00 \text{ В}$. Определить работу выхода в (эВ) и красную границу фотоэффекта.
3. Фотон рентгеновского излучения с энергией $\varepsilon = 0,15 \text{ МэВ}$ испытал рассеяние на покоившемся свободном электроны, в результате чего его длина волны увеличилась на $\Delta\lambda = 0,015 \text{ А}$. Найти угол φ , под которым вылетел комптоновский электрон отдачи.
4. Энергетическая освещенность поверхности, освещаемой нормально падающими лучами равна 3 кВт/м^2 . Вычислить световое давление, если поверхность черная.
5. Вычислить для атома водорода радиус первой боровской орбиты и скорость электрона на ней.
6. Период полураспада радиоактивного аргона ${}^{41}_{18}\text{Ar}$ равен 110 мин. Определить время, в течение которого распадается 25 % начального количества атомов.
7. Напишите ядерную реакцию, происходящую при бомбардировке ядер алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$ нейтронами и сопровождающуюся испусканием α - частицы и вычислить дефект массы и энергию связи.

ВАРИАНТ 4

1. Мощность P излучения шара радиусом $R = 10$ см при некоторой постоянной температуре T равна 1 кВт. Найти эту температуру, считая шар серым телом с коэффициентом черноты $\alpha_T = 0,25$.
2. Красная граница фотоэффекта для цинка $\lambda_0 = 310$ нм. Определить максимальную кинетическую энергию $T_{\max}$ фотоэлектронов в электрон-вольтах, если на цинк падает свет с длиной волны $\lambda = 200$ нм.
3. Какая доля энергии фотона приходится при эффекте Комптона на электрон отдачи, если рассеяние фотона происходит на угол $\theta = \pi/2$? Энергия фотона до рассеяния $\varepsilon_1 = 0,51$ МэВ.
4. Давление света, производимое на зеркальную поверхность $P = 5$ МПа. Определить концентрацию n_0 фотонов вблизи поверхности, если длина волны света, падающего на поверхность, $\lambda = 0,5$ мкм.
5. В однозарядном ионе лития электрон перешел с четвертого энергетического уровня на второй. Определить длину волны излучения, испущенного ионом лития.
6. Чему равна активность 1 г радия ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ период полураспада которого 1590 лет?
7. Вычислить дефект массы и энергию связи ядра ${}^7_3\text{Li}$.

ВАРИАНТ 5

1. Определить температуру T и энергетическую светимость R , абсолютно черного тела, если максимум энергии излучения приходится на длину волны $\lambda_m = 600$ нм.
2. На пластинку падает свет с длиной волны $\lambda = 0,42$ мкм. Фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов $0,95$ В. Определите работу выхода электронов с поверхности пластинки (в эВ).
3. Определить угол рассеяния фотона, испытавшего соударение со свободным электроном, если изменение длины волны при рассеянии равно $3,63$ пм. (1 пм = 10^{-12} м).
4. Давление света, производимое на зеркальную поверхность, равно $P = 4$ мПа. Сколько фотонов каждую секунду падает на единицу площади поверхности зеркала, если длина волны фотона $0,5$ мкм?
5. Определить энергию фотона (в эВ), испускаемого атомом водорода при переходе электрона со второй орбиты на первую. Энергия ионизации $13,6$ эВ.
6. Определить массу препарата кобальта - 60 , имеющего активность 1 Кюри (1 Кюри = $3,7 \cdot 10^{10}$ расп/сек). Период полураспада кобальта - 60 равен $1,7 \cdot 10^8$ с.
7. Определить энергию β распада ядра трития ${}^3_1\text{H}$ в МэВ, если масса ядра трития $3,01605$ а.е.м., масса электрона $0,00055$ а.е.м., масса ядра изотопа гелия $3,01603$ а.е.м. Выделяется или поглощается энергия?

ВАРИАНТ 6

1. Из смотрового окошечка печи площадью 8 см^2 излучается каждую минуту энергия 4 кДж . Определить температуру T печи.
2. Какой кинетической энергией обладают электроны, вырванные из цезия при облучении его светом с длиной волны $0,5 \text{ мкм}$. Работа выхода электрона из цезия $1,9 \text{ эВ}$. ($1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$).
3. Какая доля энергии фотона при эффекте Комптона приходится на электрон отдачи, если рассеяние фотона происходит на угол 90° , а энергия фотона до рассеяния равна $\varepsilon_1 = 0,51 \text{ МэВ}$. Энергия покоя электрона $\varepsilon_0 = 0,51 \text{ МэВ}$.
4. Определить коэффициент ρ отражения поверхности, если при облученности $E_e = 120 \text{ Вт/м}^2$, световое давление $P = 5 \cdot 10^{-7} \text{ Па}$.
5. Какую наименьшую энергию нужно сообщить электрону, находящемуся на второй энергетической орбите в атоме водорода, чтобы электрон удалить за пределы атома? Энергия ионизации E_i равна $13,6 \text{ эВ}$.
6. Изотоп ${}^{24}_{11}\text{Na}$ имеет период полураспада $11,5 \text{ ч}$. Какая доля первоначального количества радиоактивных атомов натрия останется через сутки?
7. Какова наименьшая энергия, которую надо затратить, чтобы расщепить ядро бериллия ${}^9_4\text{Be}$ на отдельные нуклоны?
 $m_{\text{Be}} = 9,01219 \text{ а.е.м.}$
 $m({}^1_1\text{H}) = 1,00783 \text{ а.е.м.}$
 $m_n = 1,00867 \text{ а.е.м.}$

ВАРИАНТ 7

1. Абсолютно черное тело имеет температуру $T_1=500$ К. Какова будет температура T_2 тела, если в результате нагревания поток излучения увеличится в 5 раз?
2. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла равна 310 нм. Определить максимальную кинетическую энергию фото электронов, если на металл падают лучи с длиной волны 200 нм.
3. Определить угол θ , на который был рассеян γ - квант с энергией 1,53МэВ при эффекте Комптона, если кинетическая энергия электрона отдачи $T = 0,51$ МэВ. Энергия покоя электрона 0,51 МэВ. (Задачу проще решать в не системных единицах).
4. Определить облученности E_e поверхности с коэффициентом отражения $\rho = 0,5$, если давление, производимое излучением $P = 40$ мкПа. Лучи падают нормально к поверхности.
5. Вычислите по теории Бора радиус первой боровской орбиты и скорость электрона на орбите для He^+ .
6. Масса препарата актиния равна 16 мг. Сколько миллиграммов актиния распадается за 1 месяц (30 суток). Период полураспада для актиния 10 суток.
7. Фотон с энергией 5 МэВ превратился в пару электрон -позитрон. Принимая, что кинетическая энергия обеих частиц одинакова, найти эту энергию. Энергия покоя электрона (позитрона) равна 0,51 МэВ.

ВАРИАНТ 8

1. Определить количество теплоты, теряемое поверхностью расплавленной платины при температуре 2000 К за 1 мин, если площадь поверхности равна 100 см^2 . Коэффициент поглощения принять равным 0,8.
2. При облучении светом цинковый шарик, удаленный от других тел, зарядился до потенциала 4,3 В. Определить длину волны излучателя. Работа выхода электрона из цинка 4 эВ.
3. Фотон с длиной волны $\lambda = 15 \text{ пм}$ рассеялся на свободном электроны. Длина волны рассеянного фотона $\lambda' = 16 \text{ пм}$. Определить угол рассеяния θ . ($1 \text{ пм} = 10^{-12} \text{ м}$).
4. На зеркальную поверхность, площадью $S = 6 \text{ см}^2$ падает нормально поток излучения $\Phi_e = 0,8 \text{ Вт}$. Определить давление p и силу светового давления F света на эту поверхность.
5. В результате поглощения кванта света атомом водорода электрон перешел в этом атоме из основного состояния на 3-й энергетический уровень. Какова энергия поглощенного кванта (в эВ). Энергия ионизации равна 13,6 эВ.
6. Период полураспада радиоактивного йода ${}_{53}^{131}\text{J}$ 8 суток. Какая часть йода ${}_{53}^{131}\text{J}$ останется не распавшейся через год?
7. Изотоп азота ${}_{7}^{14}\text{N}$, поглотив нейтрон, превратился в другой атом. Запишите уравнение ядерной реакции, если известно, что при этом выделяется еще протон. Какое ядро еще образовалось?

ВАРИАНТ 9

1. Какова средняя температура земной поверхности, если длина волны, соответствующая максимуму её теплового излучения равна 10 мкм?
2. Красная граница фотоэффекта у рубидия 810 нм. Какую задерживающую разность потенциалов нужно приложить к фотоэлементу, чтобы задержать электроны, испускаемые рубидием под действием ультрафиолетовых лучей ($\lambda = 100$ нм)? Заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.
3. Узкий пучок монохроматических лучей рассеивается веществом. При этом длины волн излучения, рассеиваемого под углом 60° и 120° , отличаются друг от друга в 2 раза. Считая, что рассеяние происходит на электронах, найти длину волны падающего излучения.
4. Монохроматический пучок света ($\lambda = 662$ нм) падает на зеркальную поверхность перпендикулярно поверхности. Поток излучения равен 0,6 Вт. Определить силу давления света на поверхность и число фотонов, падающих на эту поверхность за 1 сек.
5. Определить длину волны света, поглощенного атомом водорода, если в результате этого поглощения электрон, находившийся на втором энергетическом уровне, вылетает за пределы влияния атома.
6. Число радиоактивных атомов изотопа ${}^{210}_{84}\text{Bi}$ уменьшилось на 13% в течение одних суток. Определить период полураспада висмута - 210.
7. Определить дефект массы и энергию связи ядра, состоящего из четырех протонов и трех нейтронов.

ВАРИАНТ 10

1. Температура абсолютно черного тела понизилась с 1000 К до 850 К. Определить как и во сколько раз изменилась длина волны, отвечающая максимальной излучательности тела.
2. На фотоэлемент с катодом из лития падают лучи с частотой $1,5 \cdot 10^{15}$ Гц. Найти наименьшее значение задерживающей разности потенциалов для прекращения фототока. Работа выхода электронов из лития 2,15 эВ.
3. Фотон с длиной волны $\lambda = 12,6$ пм рассеялся на свободном электроне. Длина волны рассеянного фотона равна $\lambda' = 15$ пм. Определить угол рассеяния.
4. Определить коэффициент отражения поверхности, если при энергетической освещенности $E_e = 50 \text{ Вт/м}^2$ давление света на ней оказалось равным 0,2 мкПа.
5. Определить максимальную энергию фотона серии Пашена в спектре излучения атомарного водорода.
6. Какова масса радиоактивного препарата ${}^{60}_{27}\text{Co}$, имеющего активность $3,7 \cdot 10^{10}$ Вк. Период полураспада кобальта - 60 равен $1,7 \cdot 10^8$ с.
7. Ядро атома состоит из одного протона и одного нейтрона. Энергия связи ядра равна 2,18 МэВ. Определить массу ядра, а также массу нейтрального атома, имеющего это ядро.

ВАРИАНТ 11

1. В излучении серого тела с коэффициентом поглощения 0,3 максимум энергии приходится на длину волны 680 нм. Кака я энергия излучается с 25 см^2 этого тела за 1 с?
2. На металл падают рентгеновские лучи с длиной волны $\lambda = 1 \text{ нм}$. Пренебрегая работой выхода, определить максимальную скорость фотоэлектронов.
3. Фотон с энергией 0,51 МэВ был рассеян при эффекте Комптона на свободном электроне на угол 180° . Определить кинетическую энергию электрона отдачи. Энергия покоя электрона 0,51 МэВ.
4. Параллельный пучок монохроматических лучей длиной волны $\lambda = 0,663 \text{ мкм}$ падает на зачерненную поверхность, производя на неё давление $p = 0,3 \text{ мкН/м}^2$. Определить концентрацию фотонов n_0 в пучке.
5. Атом водорода из нормального состояния был переведен в возбужденное. При этом переходе радиус орбиты электрона вырос в 16 раз. Определить энергию возбуждения. (Энергия электрона в нормальном состоянии 13,6 эВ).
6. Найти период полураспада радиоактивного препарата ${}_{15}^{32}\text{P}$, если его активность за 20 суток уменьшилась на 62 % по сравнению с первоначальной.
7. Термоядерное взаимодействие двух дейтронов ведет к превращению двух типов:
 - 1). с образованием ${}_2^3\text{He}$ и
 - 2). с образованием ${}_1^3\text{H}$.Напишите эти ядерные реакции и определите их энергетические эффекты.

ВАРИАНТ 12

1. С поверхности тела площадью 4 см^2 при температуре 500 К за 10 минут излучается энергия 500 Дж . Определить коэффициент теплового излучения тела.
2. Определить работу выхода электрона для металла, если красная граница фотоэффекта для него 500 нм .
3. Рентгеновское излучение длиной волны $\lambda = 60 \text{ пм}$ рассеивается плиткой графита (Комптон - эффект). Определить длину волны λ' света, рассеянного под углом 60° к направлению падающего пучка.
4. На зеркало с идеально отражающей поверхностью падает поток энергии 600 Вт . Определить силу светового давления на зеркало.
5. Определить в наибольшую и наименьшую длину волны фотона в ультрафиолетовой серии (серии Лаймана) в спектре водорода.
6. Какая часть начального количества атомов радиоактивного актиния Ac^{255} останется через 15 суток. Период полураспада актиния - 225 равен 10 суток.
7. В ядре изотопа кремния ${}_{14}^{27}\text{Si}$ один из протонов превратился в нейтрон (β^+ -распад). Какое ядро получилось в результате такого превращения? Запишите уравнение этой ядерной реакции.

ВАРИАНТ 13

1. Круглая колба диаметром 10 см излучает свет одинаковой плотности по всем направлениям. Рассматривая этот источник как абсолютно черное тело, рассчитайте энергию, излучаемую колбой за 10 с, если максимум излучательности её приходится на длину волны 0,58 мкм.
2. Может ли вызвать фотоэффект в цинковой пластинке свет с частотой $2 \cdot 10^{15}$ Гц. Работа выхода для цинка соответствует энергии $6,5 \cdot 10^{-19}$ Дж.
3. Определить угол, на который был рассеян γ - квант с энергией 1,53 МэВ при эффекте Комптона, если кинетическая энергия электрона отдачи равна $T = 0,51$ МэВ. Энергия покоя электрона $E_0 = 0,51$ МэВ.
4. Поток энергии, излучаемый электрической лампочкой $\Phi_{\text{э}} = 600$ Вт. На расстоянии 1 м от лампы перпендикулярно падающим лучам расположено плоское круглое зеркальце диаметром 2 см. Определить световое давление на зеркальце. Лампу рассматривать как точечный изотропный излучатель.
5. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны 121,5 нм. Определить радиус электронной орбиты возбужденного атома водорода.
6. Сколько ядер в 1 мг радиоактивного церия ${}_{58}^{144}\text{Ce}$ распадается в течение суток? Период полураспада церия равен 285 суток.
7. В какой элемент превратится висмут ${}_{83}^{213}\text{Bi}$ после одного α -распада и двух β -распадов. Напишите соответствующие уравнения реакций.

ВАРИАНТ 14

1. Определить поток излучения с 1 см^2 расплавленного свинца ($t_{\text{плав}} = 327^\circ\text{C}$) за 1с. Отношение интегральной излучательности поверхности свинца к излучательности абсолютно черного тела равно 0,6.
2. Кванты света с энергией 4,9 эВ вырывают фотоэлектроны с работой выхода 4,5 эВ. Определить максимальный импульс, передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона.
3. В явлении Комптона энергия падающего фотона распределяется поровну между рассеянным фотоном и электроном отдачи. Угол рассеяния 60° . Найти энергию рассеянного фотона.
4. Давление света, производимое на частично отражающую поверхность ($\rho = 0,6$), равно 1 мПа. Определить число фотонов, падающих за 1 с на 1 м^2 поверхности. Длина волны фотона 0,66 мкм.
5. В двухзарядном ионе Li^{+2} электрон перешел с первого энергетического уровня на второй. Определить длину волны поглощенного кванта света.
6. Найти активность 2 мкг ($2 \cdot 10^{-9} \text{ кг}$) магния $^{27}_{12}\text{Mg}$. Период полураспада магния - 27 равен 10 мин.
7. Какая энергия выделяется при реакции $^7_3\text{Li}(p, \alpha)$ при полном разложении 1 г лития.
 $m_{\text{Li}} = 7,01823 \text{ а.е.м.}$
 $m_p = 1,00814 \text{ а.е.м.}$
 $m_\alpha = 4,00388 \text{ а.е.м.}$

ВАРИАНТ 15

1. Как и во сколько раз изменится поток излучения абсолютно черного тела, если максимум энергии излучения переместится с красной границы видимого спектра ($\lambda_1 = 780$ нм) на фиолетовую ($\lambda_2 = 390$ нм)?
2. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла равна 275 нм. Найти работу выхода электрона из этого металла.
3. Определить угол рассеяния фотона, испытавшего соударение со свободным электроном, если изменение длины волны при рассеянии равно 3,63 пм.
4. Давление света на зеркальную поверхность, расположенную на расстоянии $r = 2$ м от лампочки нормально к падающим лучам, равно $p = 5$ нПа. Определить мощность E лампочки, расходуемую на излучение. Лампочку рассматривать как изотропный точечный источник.
5. Определить первый потенциал возбуждения атома водорода.
6. Сколько атомов полония ${}_{84}^{209}\text{Po}$ распадается за 1 сутки из 10^{10} атомов. Период полураспада полония 138 суток.
7. При бомбардировке изотопа азота ${}_{7}^{14}\text{N}$ нейтронами получается изотоп углерода ${}_{6}^{14}\text{C}$, который оказывается β - радиоактивным. Напишите уравнения обеих реакций.

ТАБЛИЦА ОТВЕТОВ

Вар\зад	1	2	3	4	5	6	7
1	10,2 см ²	0,53 Мм/с	$\pi/2$	$6,4 \cdot 10^{11}$ Фотон	12,1 эВ	$2,7 \cdot 10^6$ с (31 день)	5,71 МэВ
2	748 К	0,667	4,84 пм	0,25	$1,92 \cdot 10^{-6}$ м, $0,82 \cdot 10^{-6}$ м	$1,38 \cdot 10^8$	5,71 МэВ
3	0,953	2 эВ 0,62 мкм	$\varphi = 67^\circ$	10^{-5} Па	0,53 А, 2,2 Мм/с	46 мин	$336 \cdot 10^{-5}$ 3,13 МэВ
4	866 К	2,2 эВ	0,5	$6,3 \cdot 10^{17}$ м ³	0,054 мкм	$0,43 \cdot 10^{-2}$ Ки $= 3,7 \cdot 10^{10}$ Бк	0,0421 6 39,2 МэВ
5	4833 К 31 МВт/м ²	2 эВ	$\approx 120^\circ$	$1,5 \cdot 10^{15}$	10,2 эВ	$9,1 \cdot 10^{-7}$ кг	-0,5 МэВ
6	1100 К	$0,58 \text{ эВ} \approx$ $9,3 \cdot 10^{-20}$ Дж	$5 \cdot 10^1$	0,25	3,4 эВ	0,23	56 МэВ
7	748 К	2,15 эВ	56°	8 кВт/м ²	0,26 А 4,5 Мм/с	14 мг	1,99 МэВ
8	435 кДж	$1,5 \cdot 10^{-7}$ м	54°	8,9 мкПа 5,3 нН	12,1 эВ	$3 \cdot 10^{-14}$ 0,92	
9	290 К	10,3 В	1,2 пм	4 нН $2 \cdot 10^{-16}$ с ⁻¹	0,36 м км	≈ 5 сут	0,04 а.с.м.
10	Увел. 1,18 раз	4 В	89°	0,2	1,5 эВ	$9,1 \cdot 10^{-7}$ кг	2,0141 6 2,0147 1
11	46,9 кДж	21 М м/с	0,34 МэВ	10^{12}	12,75 эВ	14,3 сут	3,26 и 3,24 М эВ
12	0,588	2,5 эВ	61,2 пм	4 мкН	93 нм, 125 нм	0,71 0,355	${}_{13}\text{Al}^{27}$
13	11,1 МДж	Да	34°	4 нН $2 \cdot 10^{18}$	2,12 А	$1,0 \cdot 10^{16}$	${}_{83}\text{Bi}^{209}$
14	0,44 Дж	$3,4 \cdot 10^{-25}$ кг·м/с	0,51 МэВ	$6,2 \cdot 10^{23}$	13,5 нм	$5,13 \cdot 10^{17}$ Вк	17,3 МэВ
15	16	4,5 эВ	120°	37,7 Вт	10,2 В	$5 \cdot 10^7$	–