

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Национальный минерально-сырьевой университет "Горный"**

**Кафедра Общей и технической физики**

**ФИЗИКА**  
**Элементы квантовой физики**  
**и физики атомного ядра**

*Методические указания для самостоятельной работы  
студентов бакалавриата направления подготовки 240100*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**  
**2014**

530.145 (075)

**Физика. Квантовая физика и физика атомного ядра.** Методические указания для самостоятельной работы/ Национальный минерально-сырьевой университет "Горный". Автор – составитель В.В. Фицак. СПб, 2014. 29 с

Методическая разработка содержит 20 вариантов по 5 заданий в каждом. Варианты заданий разработаны в соответствии с требованиями к уровню подготовки выпускников вузов.

Методические указания по колебаниям и волнам, и оптике предназначены для самостоятельной работы студентов бакалавриата направления подготовки 240100 "Химическая технология".

Методические указания также могут быть использованы преподавателями для промежуточного контроля знаний студентов и для самостоятельной работы студентов других инженерно-технических специальностей.

Табл. 9. Библиогр.: 16 назв.

Научный редактор доц. Смирнова Н.Н.

## **Введение**

В процессе обучения в вузе самостоятельная работа студентов является одной из форм образовательных технологий. Она способствует формированию у студентов комплекса компетенций, таких как: способность к познавательной и творческой деятельности; способность использовать навыки работы с информацией из различных источников для решения профессиональных задач и др.

Сборник индивидуальных заданий предназначен для самостоятельной работы студентов. Он содержит 20 вариантов по 5 заданий в каждом.

К выполнению индивидуальных заданий целесообразно приступать только после изучения теоретического и методического материала, соответствующего данному разделу.

Каждое задание требует выбора правильных ответов из нескольких предложенных.

Студенту необходимо решить задачу и выполнить сравнение полученного ответа с ответом из предложенного перечня, а не пытаться его угадывать.

Для некоторых заданий, чтобы выбрать правильный ответ необходимо знание точной формулировки закона, определения той или иной физической величины или определяющего соотношения для конкретного термодинамического процесса или явления переноса.

Кроме формирования необходимых для выпускников вуза компетенций, самостоятельное решение заданий с выбором ответов способствует подготовке студентов к сдаче экзамена в тестовой форме.

## **Задания для индивидуальной работы**

### **Вариант 1**

#### **Задание 1**

Определить длину волны де Бройля, характеризующую волновые свойства электрона, если его скорость 1 Мм/с.

- 1.** 0,1 пм. **2.** 0,2 пм. **3.** 0,3 пм. **4.** 0,4 пм. **5.** 0,5 пм.

#### **Задание 2**

Определить неточность в определении координаты электрона, движущегося в атоме водорода со скоростью  $1,5 \cdot 10^6$  м/с, если допускаемая неточность в определении скорости составляет 10% от ее величины.

- 1.** 0,77 нм. **2.** 0,22 нм. **3.** 0,5 нм. **4.** 0,8 нм. **5.** 10 нм.

#### **Задание 3**

Электрон с энергией 5 эВ движется в положительном направлении оси  $x$  и встречает потенциальный прямоугольный барьер шириной 0,1 нм и высотой 10 эВ. Определить коэффициент прозрачности  $D$  барьера.

- 1.** 0,1. **2.** 0,2. **3.** 0,3. **4.** 0,4. **5.** 0,5.

#### **Задание 4**

Какая доля радиоактивных ядер кобальта, период полураспада которых 71,3 дня, распадается за месяц?

- 1.** 1/2. **2.** 1/4. **3.** 1/6. **4.** 1/8. **5.** 1/10.

#### **Задание 5**

Масса альфа-частицы (ядро гелия  ${}^4_2\text{He}$ ) равна 4,00150 а.е.м.

Определить массу нейтрального атома гелия.

- 1.** 4,026 а.е.м. **2.** 2,013 а.е.м. **3.** 6,026 а.е.м.

- 4.** 3,026 а.е.м. **5.** 4,00150 а.е.м.

## **Вариант 2**

### **Задание 1**

Электрон движется со скоростью 200 Мм/с. Определить длину волны де Бройля, учитывая изменение массы электрона в зависимости от скорости.

- 1.** 1 пм. **2.** 2 пм. **3.** 3 пм. **4.** 4 пм. **5.** 5 пм.

### **Задание 2**

Электрон с кинетической энергией 15 эВ находится в металлической пылинке диаметром 1 мкм. Оценить относительную не точность, с которой может быть определена скорость электрона.

- 1.**  $10^{-2}$ . **2.**  $10^{-4}$ . **3.**  $10^{-8}$ . **4.**  $10^{-10}$ . **5.**  $10^{-12}$ .

### **Задание 3**

Определить высоту барьера прямоугольного потенциального барьера шириной 0,1 нм, если коэффициент отражения электрона, имеющего энергию 3,1 эВ, равен 0,5.

- 1.** 1,5 эВ. **2.** 2,33 эВ. **3.** 0,55 эВ. **4.** 3,55 эВ. **5.** 10 эВ.

### **Задание 4**

Сколько  $\beta$ -частиц испускает в течение одного часа 1,0 мкг изотопа  $\text{Na}^{24}$ , период полураспада которого равен 15 ч?

- 1.**  $2,5 \cdot 10^{10}$ . **2.**  $2,11 \cdot 10^{12}$ . **3.**  $1,84 \cdot 10^{13}$ . **4.**  $1,52 \cdot 10^{14}$ . **5.**  $1,13 \cdot 10^{15}$ .

### **Задание 5**

Зная массу нейтрального атома изотопа лития  ${}^7_3\text{Li}$ , определить массу однозарядного иона  $({}^7_3\text{Li})^+$  лития.

- 1.** 7,01546 а.е.м. **2.** 7,01491 а.е.м. **3.** 7,01436 а.е.м.  
**4.** 7,026 а.е.м. **5.** 7,0015 а.е.м.

## **Вариант 3**

### **Задание 1**

Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,1 нм?

- 1.** 50 В. **2.** 100 В. **3.** 150 В. **4.** 200 В. **5.** 250 В.

### Задание 2

Во сколько раз дебройлевская длина волны частицы меньше неопределенности ее координаты, которая соответствует относительной неопределенности импульса в 1%?

- 1.** 10. **2.** 15. **3.** 20. **4.** 25. **5.** 30.

### Задание 3

Вероятность прохождения электроном прямоугольного потенциального барьера шириной 0,1 нм равна 0,5. Определить высоту барьера, если кинетическая энергия электрона 2,0 эВ.

- 1.** 2,45 эВ. **2.** 1,33 эВ. **3.** 2,85 эВ. **4.** 5,4 эВ. **5.** 0,85 эВ.

### Задание 4

При изучении  $\beta$ -распада радиоизотопа  $Mg^{23}$  в момент  $t=0$  с был включен счетчик. К моменту  $t_1=2$  с он зарегистрировал  $N_1$   $\beta$ -частиц, а к моменту  $t_2=3t_1$  — в 2,66 раза больше. Найти среднее время жизни данных ядер.

- 1.** 4 с. **2.** 10 с. **3.** 16 с. **4.** 19 с. **5.** 22 с.

### Задание 5

Определить энергию связи ядра атома тяжелого водорода.

- 1.** 1,335 МэВ. **2.** 2,015 МэВ. **3.** 1,752 МэВ.  
**4.** 3,132 МэВ. **5.** 2,235 МэВ.

## Вариант 4

### Задание 1

Определить длину волны де Бройля электрона, если его кинетическая энергия 1 кэВ.

- 1.** 10 пм. **2.** 20 пм. **3.** 30 пм. **4.** 40 пм. **5.** 50 пм.

### Задание 2

Предполагая, что неопределенность координаты движущейся частицы равна дебройлевской длине волны, определить относительную неточность импульса этой частицы.

- 1.** 0,1. **2.** 0,15. **3.** 0,2. **4.** 0,25. **5.** 0,3.

### Задание 3

Определите, во сколько раз применяется отношение разности соседних энергетических уровней частицы  $E_{n+1} - E_n$  при переходе от  $n = 3$  к  $n' = 7$ .

- 1.** 2,5. **2.** 1,5. **3.** 3,2. **4.** 1,33. **5.** 3,8.

### Задание 4

Активность некоторого препарата уменьшается в 2,5 раза за 7,0 суток. Найти его период полураспада.

- 1.** 2,5 суток. **2.** 2,8 суток. **3.** 3,1 суток. **4.** 4,52 суток. **5.** 5,3 суток.

### Задание 5

Определить энергию, которая освободится при соединении одного протона и двух нейтронов в атомное ядро.

- 1.** 2,5 МэВ. **2.** 5 МэВ. **3.** 6 МэВ. **4.** 8,5 МэВ. **5.** 10 МэВ.

## Вариант 5

### Задание 1

Найти длину волны де Броиля протона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов 1 МВ.

- 1.** 10 фм. **2.** 20 фм. **3.** 30 фм. **4.** 40 фм. **5.** 50 фм.

### Задание 2

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

- 1.** 10 эВ. **2.** 15 эВ. **3.** 20 эВ. **4.** 25 эВ. **5.** 30 эВ.

### Задание 3

На пути электрона с деброильевской длиной волны 0,1 нм находится потенциальный барьер высотой 120 эВ. Определить длину волны де Броиля после прохождения барьера.

- 1.** 120 пм. **2.** 150 пм. **3.** 20 пм. **4.** 218 пм. **5.** 0,45 нм.

#### Задание 4

Найти постоянную распада и среднее время жизни радиоактивного изотопа  $\text{Co}^{55}$ , если известно, что его активность уменьшается на 4,0% за час? Продукт распада нерадиоактивен.

- 1.** 5 часов. **2.** 10 часов. **3.** 15 часов. **4.** 20 часов. **5.** 25 часов.

#### Задание 5

Определить удельную энергию связи ядра  ${}^{12}_6\text{C}$ .

- 1.** 1,5 МэВ/нуклон. **2.** 3,5 МэВ/нуклон. **3.** 5,5 МэВ/нуклон.  
**4.** 8,5 МэВ/нуклон. **5.** 7,7 МэВ/нуклон.

### Вариант 6

#### Задание 1

Найти длину волны де Броиля для электрона, движущегося по круговой орбите атома водорода, находящегося в основном состоянии.

- 1.** 33 пм. **2.** 50 пм. **3.** 300 фм. **4.** 60 пм. **5.** 50 фм.

#### Задание 2

Приняв, что минимальная энергия нуклона в ядре равна 10 МэВ, оценить, исходя из соотношения неопределенностей, линейные размеры ядра.

- 1.** 1 фм. **2.** 2 фм. **3.** 3 фм. **4.** 4 фм. **5.** 5 фм.

#### Задание 3

Электрон находится в возбужденном состоянии ( $n = 3$ ) в одномерном потенциальном ящике шириной  $l$  с бесконечно высокими стенками. Определить вероятность обнаружения электрона в средней третьей части ящика.

- 1.** 0,33. **2.** 0,22. **3.** 0,5. **4.** 1. **5.** 1,5.

#### Задание 4

Препарат  $\text{U}^{238}$  массы 1,0 г излучает  $1,24 \cdot 10^4$   $\alpha$ -частиц в секунду. Найти период полураспада этого изотопа и активность препарата.

- 1.**  $4,5 \cdot 10^9$  лет. **2.**  $1,5 \cdot 10^5$  лет. **3.**  $5 \cdot 10^8$  лет. **4.**  $4 \cdot 10^7$  лет. **5.**  $2 \cdot 10^8$  лет.

### Задание 5

Энергия связи ядра, состоящего из двух протонов и одного нейтрона, равна 7,72 МэВ. Определить массу нейтрального атома, имеющего это ядро.

- 1.** 3,01604 а.е.м. **2.** 4,01451 а.е.м. **3.** 1,01538 а.е.м.  
**4.** 4,028 а.е.м. **5.** 3,00105 а.е.м.

## Вариант 7

### Задание 1

Определить длину волны де Броиля электрона, находящегося на второй орбите атома водорода.

- 1.** 0,66 пм. **2.** 0,55 пм. **3.** 40 фм. **4.** 60 пм. **5.** 110 фм.

### Задание 2

Используя соотношение неопределенности, оценить ширину энергетического уровня в атоме водорода, находящегося в возбужденном состоянии, если время жизни атома  $10^{-8}$  с.

- 1.**  $\infty$ . **2.** 0. **3.**  $10^{-11}$  Дж. **4.**  $6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж. **5.**  $10^{-26}$  Дж.

### Задание 3

Электрон с энергией 100 эВ попадает на потенциальный барьер высотой 64 эВ. Определить вероятность того, что электрон отразится от барьера.

- 1.** 0,11. **2.** 0,022. **3.** 0,0625. **4.** 0,44. **5.** 55.

### Задание 4

Определить возраст древних деревянных предметов, если известно, что удельная активность изотопа  $C^{14}$  у них составляет  $3/5$  удельной активности этого изотопа в только что срубленных деревьях. Период полураспада ядер  $C^{14}$  равен 5570 лет.

- 1.** 3500 лет. **2.** 4100 лет. **3.** 100 лет. **4.** 230 лет. **5.** 1500 лет.

### Задание 5

Зная массу нейтрального атома изотопа лития  ${}^7_3\text{Li}$ , определить массу двухзарядного иона лития  $({}^7_3\text{Li})^{++}$ .

- 1.** 7,01546 а.е.м. **2.** 7,01491 а.е.м. **3.** 7,01436 а.е.м.  
**4.** 7,026 а.е.м. **5.** 7,0015 а.е.м.

### Вариант 8

#### Задание 1

С какой скоростью движется электрон, если длина волны де Броиля электрона равна его комптоновской длине волны?

- 1.**  $1,1 \cdot 10^8$  м/с. **2.**  $2,2 \cdot 10^8$  м/с. **3.**  $3,3 \cdot 10^7$  м/с.  
**4.**  $4,4 \cdot 10^7$  м/с. **5.**  $5,5 \cdot 10^7$  м/с.

#### Задание 2

Параллельный пучок электронов, ускоренный разностью потенциалов 50 В, направлен нормально на две параллельные, лежащие в одной плоскости щели, расстояние между которыми равно 10 мкм. Определите расстояние между центральным и первым максимумом дифракционной картины на экране, который расположен от щелей на расстоянии 0,6 м.

- 1.** 10,5 мкм. **2.** 15 мкм. **3.** 50 мкм. **4.** 5 мкм. **5.** 1 мкм.

#### Задание 3

Частица находится в возбужденном состоянии ( $n = 2$ ) в одномерном прямоугольном потенциальном ящике шириной  $l$  с бесконечно высокими стенками. Определить вероятность обнаружения

$$\frac{3}{8}l \leq x \leq \frac{5}{8}l$$

- 1.** 0,09. **2.** 0,5. **3.** 0,33. **4.** 0,05. **5.** 0,01.

#### Задание 4

В урановой руде отношение числа ядер  $\text{U}^{238}$  к числу ядер  $\text{Pb}^{206}$  2,8. Оценить возраст руды, считая, что весь свинец  $\text{Pb}^{206}$  является конечным продуктом распада уранового ряда. Период полураспада ядер  $\text{U}^{238}$  равен  $4,5 \cdot 10^9$  лет.

- 1.**  $2 \cdot 10^9$  лет. **2.**  $2,5 \cdot 10^6$  лет. **3.**  $3,5 \cdot 10^8$  лет. **4.**  $1,5 \cdot 10^{11}$  лет. **5.**  $3 \cdot 10^3$  лет.

### Задание 5

Определить массу нейтрального атома, если ядро этого атома состоит из трех протонов и двух нейтронов и энергия связи ядра равна 26,3 МэВ.

- 1.** 4,0146 а.е.м. **2.** 3,01591 а.е.м. **3.** 5,01092 а.е.м.  
**4.** 2,0206 а.е.м. **5.** 5,0016 а.е.м.

## Вариант 9

### Задание 1

Определить длину волны де Броиля электронов, бомбардирующих антикатод рентгеновской трубки, если граница сплошного рентгеновского спектра приходится на длину волны 3 нм.

- 1.** 10 пм. **2.** 150 пм. **3.** 500 фм. **4.** 45 пм. **5.** 60 пм.

### Задание 2

Электронный пучок ускоряется в электронно-лучевой трубке разностью потенциалов 1 кВ. Известно, что неопределенность скорости составляет 0,1% от ее числового значения. Определите неопределенность координаты электрона.

- 1.** 10 нм. **2.** 20 нм. **3.** 30 нм. **4.** 40 нм. **5.** 50 нм.

### Задание 3

Частица в потенциальном ящике находится в основном состоянии. Какова вероятность обнаружить частицу в средней трети ящика?

- 1.** 0,61. **2.** 0,55. **3.** 1,5. **4.** 0,11. **5.** 0,87.

### Задание 4

В кровь человека ввели небольшое количество раствора, содержащего радиоизотоп  $\text{Na}^{24}$  активностью  $A=2,0 \cdot 10^3$  расп./с. Активность 1  $\text{см}^3$  крови, взятой через  $t = 5,0$  ч, оказалась  $A'=16$  расп./( $\text{мин} \cdot \text{см}^3$ ). Период полураспада данного радиоизотопа  $T=15$  ч. Найти объем крови человека.

- 1.** 3,5 л. **2.** 4,2 л. **3.** 6,5 л. **4.** 5,5 л. **5.** 5,9 л.

### Задание 5

Атомное ядро, поглотившее  $\gamma$ -фотон 0,47 пм, пришло в возбужденное состояние и распалось на отдельные нуклоны, разлетевшиеся в разные стороны. Суммарная кинетическая энергия нуклонов равна 0,4 МэВ. Определить энергию связи ядра.

- 1.** 2,24 МэВ. **2.** 2,5 МэВ. **3.** 3,6 МэВ. **4.** 4,5 МэВ. **5.** 1,2 МэВ.

## Вариант 10

### Задание 1

Найти длину волны де Броиля протона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов 1 кВ.

- 1.** 200 фм. **2.** 400 фм. **3.** 600 фм. **4.** 850 фм. **5.** 900 фм.

### Задание 2

Определите отношение неопределенностей скорости электрона, если его координата установлена с точностью до  $10^{-5}$  м, и пылинки массой  $10^{-12}$  кг, если ее координата установлена с такой же точностью.

- 1.**  $1,1 \cdot 10^{18}$ . **2.**  $1,1 \cdot 10^{-18}$ . **3.**  $2,5 \cdot 10^{18}$ . **4.**  $2,5 \cdot 10^{-18}$ . **5.** 1.

### Задание 3

Частица массы  $m$  находится в двумерной прямоугольной потенциальной яме с абсолютно непроницаемыми стенками. Стороны ямы  $a$  и  $b$ . Определите константу  $A$  используя условие нормировки функции вероятностей (начало координат взять в одном из углов ямы).

$$\mathbf{1.} A = 2 \cdot a \cdot b. \mathbf{2.} A = \frac{1}{\sqrt{a \cdot b}}. \mathbf{3.} A = \frac{2}{a \cdot b}. \mathbf{4.} A = a \cdot b. \mathbf{5.} A = \frac{2}{\sqrt{a \cdot b}}.$$

### Задание 4

Покоившееся ядро  $\text{Po}^{200}$  испустило  $\alpha$ -частицу с кинетической энергией 5,77 МэВ. Найти скорость отдачи дочернего ядра. Какую долю полной энергии, освобождаемой в этом процессе, составляет энергия отдачи дочернего ядра?

- 1.** 1%. **2.** 2%. **3.** 3%. **4.** 4%. **5.** 5%.

### Задание 5

Какую наименьшую энергию нужно затратить, чтобы разделить на отдельные нуклоны ядра  ${}^7_3\text{Li}$ ?

- 1.** 22,4 МэВ. **2.** 25,89 МэВ. **3.** 36,24 МэВ. **4.** 20,5 МэВ. **5.** 39,27 МэВ.

## Вариант 11

### Задание 1

Электрон движется по окружности радиусом 0,5 см в однородном магнитном поле с индукцией 8 мТл. Определить длину волны де Броиля электрона.

- 1.** 100 пм. **2.** 200 пм. **3.** 300 пм. **4.** 400 пм. **5.** 500 пм.

### Задание 2

Электронный пучок выходит из электронной пушки под действием разности потенциалов 200 В. Определите, можно ли одновременно измерить траекторию электрона с точностью до 100 пм (с точностью порядка диаметра атома) и его скорость с точностью до 10%.

- 1.**  $1,05 \cdot 10^{-34}$  да. **2.**  $6,63 \cdot 10^{-34}$  да. **3.**  $6,63 \cdot 10^{-34}$  нет.  
**4.**  $7,64 \cdot 10^{-35}$  да. **5.**  $7,64 \cdot 10^{-35}$  нет.

### Задание 3

Частица находится в потенциальном ящике. Найти отношение разности соседних энергетических уровней  $E_{n+1,n}$  к энергии  $E_n$  частицы случае  $n = 3$ ? Пояснить полученный результат.

- 1.** 0. **2.** 0,78. **3.** 0,36. **4.** 0,58. **5.** 0,47.

### Задание 4

Альфа-распад ядер  $\text{Po}^{210}$  (из основного состояния) сопровождается испусканием двух групп  $\alpha$ -частиц с кинетическими энергиями 5,30 и 4,50 МэВ. В результате испускания этих частиц дочерние ядра оказываются соответственно в основном и возбужденном состояниях. Найти энергию  $\gamma$ -квантов, испускаемых возбужденными ядрами.

- 1.** 0,8 МэВ. **2.** 0,5 МэВ. **3.** 1,5 МэВ. **4.** 3,25 МэВ. **5.** 4,2 МэВ.

### Задание 5

Зная массу нейтрального атома изотопа лития  ${}^7_3\text{Li}$ , определить массу трехзарядного иона лития ( ${}^7_3\text{Li}^{+++}$ ).

- 1.** 7,01546 а.е.м. **2.** 7,01491 а.е.м. **3.** 7,01436 а.е.м.  
**4.** 7,026 а.е.м. **5.** 7,0015 а.е.м.

## Вариант 12

### Задание 1

Определите длину волны де Броиля для электрона, находящегося в атоме водорода на третьей боровской орбите.

- 1.** 1 нм. **2.** 2 нм. **3.** 3 нм. **4.** 4 нм. **5.** 5 нм.

### Задание 2

Электрон движется в атоме водорода по первой боровской орбите. Принимая, что допускаемая неопределенность скорости составляет 10% от ее числового значения, определите неопределенность координаты электрона.

- 1.** 1,1 нм. **2.** 2,2 нм. **3.** 3,3 нм. **4.** 4,4 нм. **5.** 5,5 нм.

### Задание 3

Частица находится в потенциальном ящике. Найти отношение разности соседних энергетических уровней  $E_{n+1,n}$  к энергии  $E_n$  частицы случае  $n=10$ ? Пояснить полученный результат.

- 1.** 0. **2.** 0,11. **3.** 0,21. **4.** 0,75. **5.** 0,36.

### Задание 4

Вычислить с помощью табличных значений масс атомов кинетические энергии позитрона и нейтрино, испускаемых ядром  $\text{C}^{11}$  в случае, если дочернее ядро не испытывает отдачи.

- 1.** 2,2 МэВ. **2.** 0,8 МэВ. **3.** 3,5 МэВ. **4.** 0,32 МэВ. **5.** 1,2 МэВ.

### Задание 5

Считая, что в одном акте деления ядра  $\text{U}^{235}$  освобождается энергия 200 МэВ, определить массу каменного угля с теплотворной

способностью 30 кДж/г, эквивалентную в тепловом отношении одному килограмму  $U^{235}$ .

- 1.** 1,5 Мт. **2.** 3,5 Мт. **3.** 2,7 кт. **4.** 20 кт. **5.** 7 кг.

### Вариант 13

#### Задание 1

Определите импульс и энергию электрона, если длина волны  $10^{-10}$  м.

- 1.**  $50 \cdot 10^{-34}$  кг·м/с; 1 кэВ. **2.**  $1,05 \cdot 10^{-34}$  кг·м/с; 100 кэВ.  
**3.** 6,63 кг·м/с; 1 кэВ. **4.**  $1,05 \cdot 10^{-24}$  кг·м/с; 150 МэВ.  
**5.**  $6,63 \cdot 10^{-24}$  кг·м/с; 150 кэВ.

#### Задание 2

Используя соотношение неопределенностей в форме, оцените минимально возможную полную энергию электрона в атоме водорода. Примите неопределенность координаты равной радиусу атома.

- 1.** -0,54 эВ. **2.** -0,84 эВ. **3.** -1,5 эВ. **4.** -3,38 эВ. **5.** -13,6 эВ.

#### Задание 3

Частица находится в потенциальном ящике. Найти отношение разности соседних энергетических уровней  $E_{n+1,n}$  к энергии  $E_n$  частицы случае  $n=\infty$ ? Пояснить полученный результат.

- 1.** 0. **2.** 0,23. **3.** 0,11. **4.** 0,78. **5.** 0,58.

#### Задание 4

Найти кинетическую энергию ядра отдачи при позитронном распаде ядра  $N^{13}$  в том случае, когда энергия позитрона максимальна.

- 1.** 0,2 МэВ. **2.** 110 эВ. **3.** 320 эВ. **4.** 0,3 МэВ. **5.** 1200 эВ.

#### Задание 5

Вычислить в а.е.м. массу ядра  $C^{10}$ , у которого энергия связи на один нуклон равна 6,04 МэВ.

- 1.** 12,3 а.е.м. **2.** 15,1 а.е.м. **3.** 42 а.е.м. **4.** 10 а.е.м. **5.** 38,5 а.е.м.

## **Вариант 14**

### **Задание 1**

Определите длину волны де Броиля для нейтрона, движущегося со средней квадратичной скоростью при 290 К.

- 1.** 100 пм. **2.** 150 пм. **3.** 200 пм. **4.** 250 пм. **5.** 300 пм.

### **Задание 2**

Длина волны излучаемого атомом фотона составляет 0,6 мкм. Принимая время жизни возбужденного состояния 10 нс, определите отношение естественной ширины энергетического уровня, на который был возбужден электрон, к энергии, излученной атомом.

- 1.**  $2 \cdot 10^7$ . **2.**  $4 \cdot 10^7$ . **3.**  $2 \cdot 10^7$ . **4.**  $4 \cdot 10^7$ . **5.**  $5 \cdot 10^9$ .

### **Задание 3**

Электрон находится в потенциальном ящике шириной 0,5 нм. Определить наименьшую разность энергетических уровней электрона. Ответ выразить в электрон-вольтах.

- 1.** 1,33 эВ. **2.** 2,78 эВ. **3.** 1,5 эВ. **4.** 4,5 эВ. **5.** 7,3 эВ.

### **Задание 4**

Определить с помощью табличных значений масс атомов скорость ядра, возникающего в результате К-захвата в атоме Be<sup>7</sup>, если дочернее ядро оказывается непосредственно в основном состоянии.

- 1.** 500 км/с. **2.** 10 Мм/с. **3.**  $3 \cdot 10^7$  м/с. **4.**  $1,5 \cdot 10^8$  м/с. **5.** 40 км/с.

### **Задание 5**

Вычислить в а.е.м. массу атома Li<sup>8</sup>, энергия связи ядра которого 41,3 МэВ

- 1.** 8,02 а.е.м. **2.** 11 а.е.м. **3.** 0,32 а.е.м. **4.** 1,55 а.е.м. **5.** 1,48 а.е.м.

## **Вариант 15**

### **Задание 1**

Протон движется в однородном магнитном поле с индукцией 15 мТл по окружности радиусом 1,4 м. Определите длину волны де Броиля для протона.

- 1.** 0,1 пм. **2.** 0,2 пм. **3.** 0,3 пм. **4.** 0,4 пм. **5.** 0,5 пм.

### Задание 2

Давление монохроматического света (длина волны 600 нм) на черную поверхность, расположенную перпендикулярно падающим лучам, равно 0,1 мкПа. Определить число фотонов, падающих за 1 с на поверхность площадью 1 см<sup>2</sup>.

- 1.**  $9 \cdot 10^{15}$ . **2.**  $3 \cdot 10^{20}$ . **3.**  $20 \cdot 10^{-25}$ . **4.**  $5 \cdot 10^5$ . **5.**  $4 \cdot 10^{-10}$ .

### Задание 3

Собственная функция, описывающая состояние частицы в потенциальном ящике, имеет вид  $\psi_n = C \sin \frac{\pi n x}{l}$  используя условия нормировки, определить постоянную С.

- 1.**  $C = 2l$ . **2.**  $C = \sqrt{\frac{l}{2}}$ . **3.**  $C = \sqrt{\frac{1}{2l}}$ . **4.**  $C = \sqrt{\frac{2}{l}}$ . **5.**  $C = \sqrt{2l}$ .

### Задание 4

Возбужденные ядра Ag<sup>109</sup>, переходя в основное состояние, испускают или  $\gamma$ -кванты с энергией 87 кэВ, или конверсионные К-электроны (их энергия связи 26 кэВ). Определить скорость этих электронов.

- 1.** 100 км/с. **2.** 500 Мм/с. **3.**  $2,3 \cdot 10^7$  м/с. **4.**  $1,5 \cdot 10^8$  м/с. **5.** 20 м/с.

### Задание 5

Вычислить энергию, необходимую для разделения ядра Ne<sup>20</sup> на две  $\alpha$ -частицы и ядро C<sup>12</sup>, если известно, что энергии связи на один нуклон в ядрах Ne<sup>20</sup>, He<sup>4</sup> и C<sup>12</sup> равны соответственно 8,03, 7,07 и 7,68 МэВ.

- 1.** 11,88 а.е.м. **2.** 20 а.е.м. **3.** 10,5 а.е.м. **4.** 2,33 а.е.м. **5.** 4,58 а.е.м.

## Вариант 16

### Задание 1

Определите, какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти протон, чтобы длина волны де Броиля для него была равна 1 нм.

- 1.** 1 мВ. **2.** 10 кВ. **3.** 0,5 мВ. **4.** 10 мВ. **5.** 0,8 мВ.

### Задание 2

Монохроматическое излучение с длиной волны 500 нм падает нормально на плоскую зеркальную поверхность и давит на нее с силой 10 нН. Определить число фотонов, ежесекундно падающих на эту поверхность.

- 1.**  $3,8 \cdot 10^{18}$ . **2.**  $3 \cdot 10^{10}$ . **3.**  $11 \cdot 10^{-20}$ . **4.**  $7 \cdot 10^{-6}$ . **5.**  $3 \cdot 10^{-15}$ .

### Задание 3

Решение уравнения Шредингера для бесконечно глубокого одномерного прямоугольного потенциального ящика можно записать в виде  $\psi(x) = C_1 \cdot e^{ikx} + C_2 \cdot e^{-ikx}$ . Используя граничные условия и нормировку функции, определить коэффициенты  $C_1$  и  $C_2$ .

- 1.**  $C_1 = 2l, C_2 = \sqrt{\frac{1}{2l}}$ .      **2.**  $C_1 = -\sqrt{\frac{l}{2}}, C_2 = 2l$ .  
**3.**  $C_1 = \sqrt{\frac{1}{2l}}, C_2 = -\sqrt{\frac{1}{2l}}$ .      **4.**  $C_1 = \sqrt{\frac{2}{l}}, C_2 = -\sqrt{\frac{1}{2l}}$ .  
**5.**  $C_1 = \sqrt{2l}, C_2 = -\sqrt{2l}$ .

### Задание 4

Свободное покоявшееся ядро Ir<sup>191</sup> с энергией возбуждения 129 кэВ перешло в основное состояние, испустив  $\gamma$ -квант. Вычислить относительное изменение энергии  $\gamma$ -кванта, возникающее в результате отдачи ядра.

- 1.**  $2,3 \cdot 10^7$ . **2.**  $3,6 \cdot 10^7$ . **3.**  $1,5 \cdot 10^5$ . **4.**  $2,9 \cdot 10^6$ . **5.**  $5,2 \cdot 10^2$ .

### Задание 5

Какую наименьшую энергию нужно затратить, чтобы разделить на отдельные нуклоны ядра  ${}^7_{\Lambda}\text{Be}$ ?

- 1.** 21,4 МэВ. **2.** 23,89 МэВ. **3.** 16,24 МэВ.  
**4.** 22,5 МэВ. **5.** 37,63 МэВ.

## **Вариант 17**

### **Задание 1**

Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов 500 В, имеет длину волн де Броиля 1,282 пм. Принимая заряд этой частицы равным заряду электрона, определите ее массу.

- 1.**  $1,68 \cdot 10^{-27}$  кг.   **2.**  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.   **3.**  $1,672 \cdot 10^{-25}$  кг.  
**4.**  $1,672 \cdot 10^{-27}$  кг.   **5.**  $1,672 \cdot 10^{-26}$  кг.

### **Задание 2**

Фотон с энергией 0,25 МэВ рассеялся на свободном электроне. Энергия рассеянного фотона равна 0,2МэВ. Определить угол рассеяния.

- 1.**  $15^0$ .   **2.**  $20^0$ .   **3.**  $30^0$ .   **4.**  $45^0$ .   **5.**  $60^0$ .

### **Задание 3**

Частица в потенциальном ящике шириной  $l$  находится в возбужденном состоянии ( $n = 2$ ). Определить, в каких точках интервала ( $0 < x < l$ ) плотность вероятности нахождения частицы минимальна.

- 1.**  $l$ .   **2.**  $\frac{l}{2}$ .   **3.**  $\frac{l}{3}$  и  $\frac{5l}{3}$ .   **4.**  $\frac{l}{4}$ .   **5.**  $\frac{l}{5}$  и  $\frac{2l}{5}$ .

### **Задание 4**

С какой относительной скоростью должны сближаться источник и поглотитель, состоящие из свободных ядер Ir<sup>191</sup>, чтобы наблюдалось максимальное поглощение  $\gamma$ -квантов с энергией 129 кэВ?

- 1.** 0,5 км/с.   **2.** 12 км/с.   **3.** 300 км/с.   **4.** 65 км/с.   **5.** 0,22 км/с.

### **Задание 5**

Определить энергию, которая выделится при образовании из протонов и нейтронов ядер гелия  ${}^4_2\text{He}$  массой 1 г.

- 1.**  $6,82 \cdot 10^{11}$  Дж.   **2.**  $3,42 \cdot 10^{11}$  Дж.   **3.**  $4,52 \cdot 10^{11}$  Дж.  
**4.**  $6,82 \cdot 10^{15}$  Дж.   **5.**  $1,22 \cdot 10^{10}$  Дж.

## **Вариант 18**

### **Задание 1**

Определите импульс и энергию рентгеновского фотона длины волны  $10^{-10}$  м.

- 1.**  $1,05 \cdot 10^{-34}$  кг·м/с; 1 кэВ. **2.**  $1,05 \cdot 10^{-24}$  кг·м/с; 100 кэВ.  
**3.**  $6,63$  кг·м/с; 1 кэВ. **4.**  $1,05 \cdot 10^{-34}$  кг·м/с; 100 МэВ.  
**5.**  $6,63 \cdot 10^{-24}$  кг·м/с; 12,4 кэВ.

### **Задание 2**

Атомарный водород, возбужденный светом определенной длины волны, при переходе в основное состояние испускает только три спектральные линии. Определить длины волн этих линий.

- 1.** 50, 138 и 485 нм. **2.** 155, 82 и 356 нм. **3.** 102, 120 и 656 нм.  
**4.** 75, 125 и 575 нм. **5.** 110, 55 и 752 нм.

### **Задание 3**

Частица в потенциальном ящике шириной  $l$  находится в низшем возбужденном состоянии. Определить вероятность нахождения частицы в интервале  $1/4$ , равноудаленном от стенок ящика.

- 1.** 0,5. **2.** 0,33. **3.** 0,77. **4.** 0,1. **5.** 0,6.

### **Задание 4**

Источник  $\gamma$ -квантов расположен на 20 м выше поглотителя. С какой скоростью необходимо перемещать вверх источник, чтобы в месте расположения поглотителя полностью скомпенсировать гравитационное изменение энергии  $\gamma$ -квантов, обусловленное полем тяготения Земли?

- 1.** 500 мм/с. **2.** 10 км/с. **3.** 200 м/с. **4.** 10 км/с. **5.** 65 мкм/с.

### **Задание 5**

Найти с помощью табличных значений масс атома  $B^{11}$  среднюю энергию связи на один нуклон в ядре.

- 1.**  $2,2 \cdot 10^6$  эВ. **2.**  $3,5 \cdot 10^6$  МэВ. **3.** 0,2 МэВ. **4.**  $1 \cdot 10^8$  эВ. **5.**  $1,15 \cdot 10^7$  эВ.

## Вариант 19

### Задание 1

Кинетическая энергия электрона равна 0,6 МэВ. Определите длину волны де Бройля.

- 1.** 1,25 пм. **2.** 2,5 пм. **3.** 5 пм. **4.** 7,25 пм. **5.** 10,5 пм.

### Задание 2

Определить частоту обращения электрона на второй орбите атома водорода.

- 1.**  $5 \cdot 10^{11}$  Гц. **2.**  $2 \cdot 10^{-9}$  Гц. **3.**  $1,3 \cdot 10^{12}$  Гц. **4.**  $5,6 \cdot 10^{22}$  Гц. **5.**  $8,2 \cdot 10^{42}$  Гц.

### Задание 3

Частица в потенциальном ящике шириной  $l$  находится в возбужденном состоянии ( $n = 2$ ). Определить, в каких точках интервала ( $0 < x < l$ ) плотность вероятности нахождения частицы максимальна.

- 1.**  $l$  и  $\frac{l}{2}$ . **2.**  $\frac{2l}{3}$ . **3.**  $\frac{l}{3}$ . **4.**  $\frac{l}{4}$ . **5.**  $\frac{l}{4}$  и  $\frac{3l}{4}$ .

### Задание 4

На какую минимальную высоту необходимо поднять источник  $\gamma$ -квантов, содержащий возбужденные ядра  $Zn^{67}$ , чтобы при регистрации на поверхности Земли гравитационное смещение линии Мёссбауэра превзошло ширину этой линии? Известно, что регистрируемые  $\gamma$ -кванты имеют энергию 93 кэВ и возникают при переходе ядер  $Zn^{67}$  в основное состояние, а среднее время жизни возбужденного состояния 14 мкс.

- 1.** 1,5 м. **2.** 4,5 м. **3.** 10 м. **4.** 1 см. **5.** 0,1 мм.

### Задание 5

Найти с помощью табличных значений масс атома  $O^{16}$  среднюю энергию связи на один нуклон в ядре.

- 1.**  $5,2 \cdot 10^7$  эВ. **2.**  $1,7 \cdot 10^6$  МэВ. **3.**  $2 \cdot 10^6$  кэВ. **4.**  $1 \cdot 10^6$  эВ. **5.**  $7,73 \cdot 10^6$  эВ.

## **Вариант 20**

### **Задание 1**

Определите, как изменится длина волны де Бройля электрона в атоме водорода при переходе его с четвертой боровской орбиты на вторую.

- 1.** увеличится в 2 раза. **2.** увеличится в 4 раза.
- 3.** уменьшится в 2 раза. **4.** уменьшится в 4 раза.
- 5.** не изменится.

### **Задание 2**

Кинетическая энергия  $K$  электрона в атоме водорода составляет величину порядка 12 эВ. Используя соотношение неопределенностей, оценить минимальные размеры атома  $l_{\min}$ .

- 1.** 113 пм. **2.** 0,15 пм. **3.** 0,5 пм. **4.** 55 эВ. **5.** .

### **Задание 3**

Определите отношение сечений  $\sigma_1 / \sigma_2$  ядер титана  $^{48}\text{Ti}$  и алюминия  $^{27}\text{Al}$ .

- 1.** 0,57. **2.** 2,33. **3.** 0,98. **4.** 1,47. **5.** 2,74.

### **Задание 4**

Считая радиус ядра равным  $R=0,13A^{1/3}$  пм, где  $A$  — его массовое число, оценить плотность ядер, а также число нуклонов в единице объема ядра.

- 1.**  $0,18 \cdot 10^{18} \text{ кг}/\text{м}^3$ . **2.**  $20 \cdot 10^{20} \text{ кг}/\text{м}^3$ . **3.**  $15 \cdot 10^{15} \text{ кг}/\text{м}^3$ .
- 4.**  $2 \cdot 10^{17} \text{ кг}/\text{м}^3$ . **5.**  $5 \cdot 10^{19} \text{ кг}/\text{м}^3$ .

### **Задание 5**

Найти энергию связи ядра, которое имеет одинаковое число протонов и нейтронов и радиус, в полтора раза меньший радиуса ядра  $\text{Al}^{27}$ .

- 1.** 56 МэВ. **2.** 15 кэВ. **3.** 45 ТэВ. **4.** 0,3 МэВ. **5.** 120 МэВ.

## Справочные таблицы

Таблица 1.

### Основные физические постоянные

Физическая величина	Численное значение
Атмосфера стандартная (давление атмосферное нормальное)	$1 \text{ атм} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па (точно)}$
Атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,660531(11) \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Постоянная Больцмана	$k = 1,380658(12) \cdot 10^{-23} \text{ Дж}\cdot\text{К}^{-1}$
Элементарный заряд	$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Скорость света в вакууме	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Постоянная Планка	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$ $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$
Универсальная газовая постоянная	$R = k N_A = 8,31441(26) \text{ Дж}\cdot\text{К}^{-1}\cdot\text{моль}^{-1}$
Постоянная Стефана-Больцмана	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}^4$
Постоянная закона смещения Вина	$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}\cdot\text{К}$
Постоянная Ридберга	$R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ $R' = 1,1 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$

Таблица 2

Множители, приставки для образования десятичных, кратных единиц

Множитель	Приставка	
	Наименование	Обозначение
$10^{12}$	Тера	Т
$10^9$	Гига	Г
$10^6$	Мега	М
$10^3$	Кило	к
$10^{-1}$	Деци	д
$10^{-2}$	Санти	с
$10^{-3}$	Милли	м
$10^{-6}$	Микро	мк
$10^{-9}$	Нано	н
$10^{-12}$	Пико	п

Таблица 3  
Основные величины, их обозначения и единицы величин в СИ

Величина	Размер- ность	Наименование	Единица	
			Междунा- родное	русское
Длина	L	метр	m	м
Время	T	секунда	s	с
Масса	M	килограмм	kg	кг
Сила электриче- ского тока	I	Ампер	A	А
Термодинамиче- ская температура	Θ	Кельвин	K	К
Количество веще- ства	N	моль	mol	моль
Сила света	J	канделла	cd	кд

Таблица 4  
Производные единицы СИ, имеющие наименование

Величина	Единица		
	наименование	Обозначение	Выражение через ос- новные единицы СИ
Частота	Герц	Гц	$\text{с}^{-1}$
Сила	Ньютон	N	$\text{м}\cdot\text{кг}\cdot\text{с}^{-2}$
Давление	Паскаль	Па	$\text{м}^{-1}\text{кг}\cdot\text{с}^{-2}$
Энергия, работа, коли- чество теплоты	Джоуль	Дж	$\text{м}^2\text{кг}\cdot\text{с}^{-2}$
Мощность, поток энергии	Ватт	Вт	$\text{м}^2\text{кг}\cdot\text{с}^{-3}$

Таблица 5  
Относительные молекулярные массы некоторых газов

Газ	Формула	Относительная молекуляр- ная масса, а.е.м.
Азот	N <sub>2</sub>	28,134
Аргон	Ar	39,948
Вода (пары)	H <sub>2</sub> O	18,0152
Водород	H <sub>2</sub>	2,0158
Гелий	He	4,0026
Кислород	O <sub>2</sub>	31,9988
Метан	CH <sub>4</sub>	16,0416

Таблица 6  
Массы некоторых изотопов и нейтральных атомов

Элемент	Изотоп	Масса, а.е.м.	Элемент	Изотоп	Масса, а.е.м.
Водород	${}_1^1\text{H}$	1,00783	Алюминий	${}_12^{27}\text{Al}$	26,98135
	${}_1^2\text{H}$	2,01410	Фосфор	${}_15^{33}\text{P}$	32,97174
	${}_1^3\text{H}$	3,01605	Сера	${}_16^{33}\text{S}$	32,97146
Гелий	${}_2^3\text{He}$	3,01605	Кремний	${}_17^{26}\text{Si}$	26,81535
	${}_2^4\text{He}$	4,00260	Медь	${}_19^{64}\text{Cu}$	63,5400
Литий	${}_3^7\text{Li}$	7,01601	Кальций	${}_20^{48}\text{Ca}$	47,95236
Бериллий	${}_4^7\text{Be}$	7,01169	Железо	${}_26^{56}\text{Fe}$	55,94700
Бор	${}_5^{10}\text{B}$	10,01294	Серебро	${}_47^{108}\text{Ag}$	107,869
	${}_5^{11}\text{B}$	11,00931	Барий	${}_56^{137}\text{Ba}$	136,9058
Азот	${}_7^{14}\text{N}$	14,00307	Вольфрам	${}_74^{184}\text{W}$	183,8500
Кислород	${}_8^{16}\text{O}$	15,99492	Радий	${}_88^{226}\text{Ra}$	226,0254
	${}_8^{17}\text{O}$	16,99913	Торий	${}_90^{232}\text{Th}$	232,038
Неон	${}_{10}^{20}\text{Ne}$	19,99244	Свинец	${}_{92}^{207}\text{Pb}$	206,9759
Магний	${}_{12}^{24}\text{Mg}$	23,98504	Уран	${}_{92}^{238}\text{U}$	238,0508
	${}_{12}^{27}\text{Mg}$	26,98436			

Таблица 8

## Период полураспада радиоактивных изотопов

Изотоп	Символ изотопа	Тип распада	Период полу-распада
Актиний	$^{235}_{89}\text{Ac}$	$\alpha$	10 суток
Йод	$^{131}_{53}\text{I}$	$\beta^-$ , $\gamma$	8 суток
Иридий	$^{192}_{77}\text{Ir}$	$\beta^-$ , $\gamma$	75 суток
Кобальт	$^{60}_{27}\text{Co}$	$\beta^-$ , $\gamma$	5,3 года
Магний	$^{27}_{12}\text{Mg}$	$\beta^-$	10 мин
Радий	$^{219}_{88}\text{Ra}$	$\alpha$	$10^{-3}$ с
Радий	$^{226}_{88}\text{Ra}$	$\alpha$ , $\gamma$	$1,62 \cdot 10^3$ лет
Радон	$^{222}_{86}\text{Rn}$	$\alpha$	3,8 суток
Стронций	$^{90}_{38}\text{Sr}$	$\beta^-$	28 лет
Торий	$^{229}_{90}\text{Th}$	$\alpha$ , $\gamma$	$7 \cdot 10^3$ лет
Уран	$^{238}_{92}\text{U}$	$\alpha$ , $\gamma$	$4,5 \cdot 10^9$ лет
Фосфор	$^{32}_{16}\text{P}$	$\beta^-$	14,3 суток
Натрий	$^{22}_{11}\text{Na}$	$\gamma$	2,6 года

Таблица 9

## Масса и энергия покоя

## некоторых элементарных частиц и легких ядер

Частица	Масса		Энергия	
	кг	а.е.м.	Дж	МэВ
Электрон	$9,11 \cdot 10^{-31}$	0,00055	$8,16 \cdot 10^{-14}$	0,511
Нейтральный мезон	$2,41 \cdot 10^{-28}$	0,14526	-	135
Протон	$1,67 \cdot 10^{-27}$	1,00728	$1,50 \cdot 10^{-10}$	938
Нейтрон	$1,68 \cdot 10^{-27}$	1,00867	$1,51 \cdot 10^{-10}$	939
Дейtron	$3,35 \cdot 10^{-27}$	2,01355	$3,00 \cdot 10^{-10}$	1876
$\alpha$ -частица	$6,64 \cdot 10^{-27}$	4,00149	$5,96 \cdot 10^{-10}$	3733

## Математические формулы

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \quad \sin \alpha = 1 / \sqrt{1 + ctg^2 \alpha}$$

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta \quad \cos \alpha = 1 / \sqrt{1 + tg^2 \alpha}$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta \quad \sin(\alpha/2) = \sqrt{(1 - \cos \alpha)/2}$$

$$tg(\alpha \pm \beta) = \frac{tg \alpha \pm tg \beta}{1 \mp tg \alpha tg \beta} \quad \cos(\alpha/2) = \sqrt{(1 + \cos \alpha)/2}$$

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin[(\alpha + \beta)/2] \cos[(\alpha - \beta)/2] \quad \exp(i\alpha) = \cos \alpha + i \sin \alpha$$

$$\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos[(\alpha + \beta)/2] \sin[(\alpha - \beta)/2]$$

$$\sin \alpha = (e^{i\alpha} - e^{-i\alpha})/(2i)$$

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos[(\alpha + \beta)/2] \cos[(\alpha - \beta)/2]$$

$$\cos \alpha = (e^{i\alpha} + e^{-i\alpha})/2$$

$$\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin[(\alpha + \beta)/2] \sin[(\alpha - \beta)/2]$$

$$\int x^n dx = (x^{n+1})/(n+1) + C \quad n \neq -1 \quad \int dx/x = \ln x + C$$

$$\int a^x dx = a^x / \ln a + C, \text{ если } a = e, \text{ то } \int e^x dx = e^x + C$$

$$\int \sin x dx = -\cos x + C \quad \int \cos x dx = \sin x + C$$

$$\int_0^\infty x^n e^{-x} dx = \begin{cases} 1, & n=0 \\ \sqrt{\pi}/2, & n=1/2 \\ 1, & n=1 \\ 2, & n=2 \end{cases} \quad \int_0^\infty x^n e^{-x^2} dx = \begin{cases} \sqrt{\pi}/2, & n=0 \\ 1/2, & n=1 \\ \sqrt{\pi}/4, & n=2 \\ 1/2, & n=3 \end{cases}$$

$$\int_0^{\infty} \frac{x^n dx}{e^x - 1} = \begin{cases} 2,31, & n = 1/2 \\ \pi^2/6, & n = 1 \\ 2,405, & n = 2 \\ \pi^4/15, & n = 3 \\ 24,9, & n = 4 \end{cases}$$

$$\int_0^a \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = \begin{cases} 0,225, & \alpha = 1 \\ 1,18, & \alpha = 2 \\ 2,56, & \alpha = 3 \\ 4,91, & \alpha = 5 \\ 6,43, & \alpha = 10 \end{cases}$$

$$\int x^n e^{ax} dx = \frac{1}{a} x^n e^{ax} - \frac{n}{a} \int x^{n-1} e^{ax} dx$$

$$\int x^2 e^{ax} dx = e^{ax} \left( \frac{x^2}{a} - \frac{2x}{a^2} + \frac{2}{a^3} \right)$$

$$\int x e^{ax} dx = \frac{e^{ax}}{a^2} (ax - 1)$$

## РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### **Основная литература**

#### **Учебники и учебные пособия**

1. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. СПб., М.: Лань, 2009.
2. Детлаф А.А. Курс физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. М.: Высшая школа, 2009.
3. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. СПб., М.: Лань, 2009.
4. Савельев И.В. Курс физики. Т. 2, 3. СПб.: М.: Лань, 2008.
5. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 2009.
6. Яворский Б.М. Основы физики т.1,2. / Б.М. Яворский, А.А. Пинский. М.: Наука, 2009.

#### **Сборники задач**

7. Рогачев Н.М. Решение задач по курсу общей физики. СПб., М.: Лань, 2008.
8. Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике. СПб., М.: Лань, 2007.

9. Трофимова Т.И. Курс физики: задачи и решения. М.: Академия, 2009.
10. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями. М.: Высш. школа, 2009.
11. Фирганг Е.В. Руководство к решению задач по курсу общей физики. М.: Лань, 2009.
12. Чертов А.Г. Задачник по физике / А.Г. Чертов, А.А. Воробьев. М.: Физматлит, 2009.

#### **Дополнительная литература**

13. Калашников Н.П. Физика. Интернет-тестирование базовых знаний / Н.П. Калашников, Н.М. Кожевников. СПб., М.: Лань, 2009. Сайт Росаккредагенства [www.fepo.ru](http://www.fepo.ru)
14. Сена Л.А. Единицы физических величин и их размерности. М.: Наука, 1977.
15. Сивухин Д.В. Общий курс физики, тт. 1-5, М.: Наука, 2009.
16. Трофимова Т.И. Краткий курс физики. М.: Высшая школа, 2010.
17. Фриши С.Э. Курс общей физики / С.Э. Фриш, А.В. Тиморева А.В. СПб., М.: Лань, 2008.

#### **СОДЕРЖАНИЕ**

Введение .....	3
Задания для индивидуальной работы .....	4
Справочные таблицы .....	23
Рекомендуемый библиографический список .....	28