**Контрольная работа по физике.**

**Вариант 16**

Задачи №№: 6,16,26,36,46,56,66,76,86,96,106,116,126,136,146,156,166,176,186,196.

**6.** Во сколько раз сила ньютоновского притяжения между двумя протонами меньше силы их кулоновского отталкивания? Заряд протона численно равен заряду электрона.

**Решение:**

Сила электростатического отталкивания точечных зарядов определяется законом Кулона.

Запишем закон Кулона

 (1)

– заряды; *r* – расстояние между ними; *k* = 9∙109 Н∙м2/Кл2 постоянная закона Кулона; ε – относительная диэлектрическая проницаемость среды (в данном случае полагаем ε = 1, вакуум)

Гравитационная сила *F*gпритяжения двух точечных тел определяется законом всемирного тяготения Ньютона:

 (2)

В этой формуле:

*m*1 = *m*2 = *m* – массы протонов, *r* – расстояние между ними,

*G* = 6.67∙10-11 Н∙м2/кг2 – гравитационная постоянная.

Берём отношение сил (*r*2 –сокращается)



**Ответ:** *F*k/*F*g =  (во столько раз кулоновская сила больше)

**16.** Медный шар диаметром 1 см помещен в масло. Плотность масла ρ = 800 кг/м3. Чему равен заряд шара, если в однородном электрическом поле шар оказался взвешенным в масле? Электрическое поле направлено вертикально вверх и его напряженность *Е* = 36000 В/см.

|  |
| --- |
| **Дано:**  *D* = 1 см = 10-2 м  медь, плотность  ρм = 8,93∙103 кг/м3  масло, плотность  ρ = 800 кг/м3  *Е* = 36000 В/см =  = 3,6∙106 В/м |
| *q* - ? |

**Решение:**

***Е***

сила Кулона

шар

сила Архимеда

сила тяжести

Находящийся в жидкости шар находится под воздействием трех сил:

1) Силы тяжести *Р*, направленной вертикально вниз и равной

 (1)

здесь: *m* – масса шарф,  - его объём, *D* – диаметр шара,  - плотность материала шара (меди), *g* – ускорение силы тяжести,  - объем шара.

2) выталкивающей (архимедовой) силы, направленной вертикально вверх и равной весу жидкости в объеме шара:

 (2)

3) Силы электрического поля (кулоновской). Она направлена вертикально вверх для создания равновесия шара

 (3)

*q* – заряд шара, *Е* – напряжённость электрического поля.

Составляем уравнение равновесия и выражаем искомый заряд *q*



вычисление

Кл = 1,30 мкКл

**Ответ:** заряд шара *q* = 1,30 мкКл

**26.** Определить потенциал точки поля, находящейся на расстоянии 10 см от центра заряженного шара радиусом в 1 см. Задачу решить при следующих условиях: 1) задана поверхностная плотность заряда на шаре, равная 10-11

Кл/см2; 2) задан потенциал шара, равный 300 В.

|  |
| --- |
| **Дано:**  *r* = 10 см = 0,1 м  *R* = 1 см = 10-2 м  1)  **=** 10-11 Кл/см2 =10-7 Кл/м2  2) **=** 300 В |
|  |

**Решение:**

В силу сферической симметрии и согласно

теореме Остроградского-Гаусса следует, что потенциал вне шара, т.е. при  такой же, как и для точечного заряда, расположенного в центре шара (*r* – расстояние от центра шара, - радиус шара)

 (1)

*q*  - заряд шара,

*ε0* = 8,85∙10-12 Ф/м – электрическая постоянная,

*ε* – относительная диэлектрическая проницаемость среды,

(полагаем ε = 1, воздух или вакуум).

1) задана поверхностная плотность заряда шара . В этом случае заряд шара равен  (*S* –площадь поверхности шара) и формула (1) приобретает вид:

 (2)

Вычисление

 В

2) задан потенциал шара

считаем, что заряд распределён по поверхности шара или по объёму сферически симметрично, что позволяет использовать формулу (1) для потенциала  на поверхности шара () и выразить его заряд *q*



подставляем в (1) и получаем

 В

**Ответ:**

1)  В 2)  В

**36.** Электрон влетает в плоский горизонтальный конденсатор параллельно его пластинам со скоростью v = 107 м/с. Напряжённость поля в конденсаторе *Е* = 100 В/см, длина конденсатора *ℓ* = 5 см. Найти величину и направление скорости электрона при вылете его из конденсатора.

|  |
| --- |
| **Дано:**  v0  = 107 м/с  *Е* = 100 В/см =104 В/м  *ℓ* = 5 см = 5∙10-2 м |
| v - ? α - ? |

**Решение**

Применяем закон независимости движений: движение по горизонтали (по оси *х*) и по вертикали (по оси *y*) можно рассматривать независимо друг от друга.

***x***

***y***

v

v*x* = v0

v*y*

***F=еЕ***

***α***

***ℓ***

Движение по горизонтали – равномерное с постоянной скоростью v*x*= v0.

Движение по вертикали обусловлено действием электростатического поля (силой тяжести пренебрегаем).

Это равноускоренное движение без начальной скорости и зависимость скоростиv*y*  от времени *t* будет такой:

 (1)

*a* – ускорение электрона под действием поля.

Это ускорение равно:  (3)

Тогда,  (4)

*е* – модуль заряда электрона, *m* – его масса.

Скорость электрона через время *t* по абсолютной величине равна:

 (5)

Угол, который составляет конечная скорость с осью *х* (горизонталью) находится из соотношения:

 (6)

Время движения в поле конденсатора определяется составляющей скорости vx = v0 и равно , где *ℓ* – длина пластин.

Подставляем в (5) и (6) и получаем окончательно





Вычисление:

м/ 

**Ответ:**

скорость электрона будет равна м/с, и будет направлена под углом α = 41,30 к горизонту.

**46.** Два шарика одинакового радиуса *R* = 1 см и веса *Р* = 4·10-5 кг подвешены на нитях одинаковой длины так, что их поверхности соприкасаются. Когда шарики зарядили, нити разошлись на некоторый угол, и натяжение нитей стало равно *F* = 4,9·10-4 Н. Найти потенциал заряженных шариков, если известно, что расстояние от точки подвеса до центра каждого шарика равно

*ℓ* = 10 см.

|  |
| --- |
| **Дано:**  *R* = 1 см = 10-2 м  *m* = 4∙10-5 кг  = 10 см = 0,1 м  *F* = 4,9·10-4 Н |
|  |

**Решение**

На каждый шарик действуют три силы: сила тяжести , сила Кулона и сила натяжения нити 

Так как шарики находятся в покое, векторная сумма этих сил равна нулю: . Это возможно только в том случае, если равнодействующая силы тяжести и силы натяжения нити уравновешивается силой отталкивания (см.рис.), т.е.

*ℓ*

α

*mg*

*F*к

*F*

*r/*2

*r/*2



Запишем закон Кулона для точечных зарядов



*q*1 *= q*2 *= q* – заряды шариков, *r* – расстояние между ними.

*k* = 9∙109 Н∙м2/Кл2 - постоянная закона Кулона, ε – относительная диэлектрическая проницаемость среды (полагаем ε = 1, воздух)

Из подобия треугольников сил и размеров имеем



Получена полная система уравнений задачи



Решаем систему: из (3) выражаем *r*, подставляем в (2) и выражаем 



далее подставляем  в (1) и выражаем заряд *q*



Каждый шарик можно рассматривать как уединённый сферический конденсатор с ёмкостью , *R* – радиус шарика, тогда потенциалы шариков



вычисление

= 19.5 кВ

**Ответ:** каждый шарик имеет потенциал *φ* = 19,5 кВ

**56.** Два цилиндрических проводника, один из меди, а другой из алюминия, имеют одинаковую длину и одинаковое сопротивление. Во сколько раз медный провод тяжелее алюминиевого?

|  |
| --- |
| **Дано:**  медь, уд. сопр.  ρRм = 1,7∙10-8 Ом∙м  плотность  ρmм = 8,93∙103 кг/м3  алюминий,  ρRА = 2,6∙10-8 Ом∙м  ρmА = 2.7∙103 кг/м3  *ℓ*1 = *ℓ*2  *R*1 = *R*2 |
| *m*м/*m*A - ? |

**Решение:**

Сопротивление проводника длиной *ℓ* и сечением *s* определяется формулой

 (1)

- удельное сопротивление

Масса такого проводника

 (2)

 - плотность материала проводника.

Из (2) записываем искомое отношение масс

(*ℓ* - сокращается)

 (3)

а из (1) выражаем отношение сечений, учитывая *R*1 = *R*2 и *ℓ*1 = *ℓ*2



подставляем в (3)



**Ответ:** *m*м/*m*A = 2,16

**66.** Какую долю ЭДС элемента составляет разность потенциалов на его концах, если сопротивление элемента в *n* раз меньше внешнего сопротивления. Задачу решить для: 1) *n* = 0,1; 2) *n* = 1; 3) *n* = 10.

|  |
| --- |
| **Дано:**  *r/R* = *n*  1) *n* = 0,1  2) *n* = 1  3) *n* = 10 |
| *U/ɛ* - ? |

**Решение:**

Запишем закон Ома для замкнутой цепи

 (1)

и напряжение (разность потенциалов) на зажимах элемента

 (2)

*I* – ток, *R* – сопротивление внешней цепи, *r* – внутреннее сопротивление элемента, *ɛ* - ЭДС.

Из (1) и (2) выражаем искомое отношение



**Ответ:**

1) *n* = 0,1; *U/ɛ* = 1/1,1 = 0,91

2) *n* = 1; *U/ɛ* = 1/2 = 0,5

3) *n* = 10; *U/ɛ* = 1/11 = 0,091

**76.** Найти внутреннее сопротивление генератора, если известно, что мощность, выделяемая во внешней цепи, одинакова при двух значениях внешнего сопротивления *R*1 = 5 Ом и *R*2 = 0,2 Ом. Найти КПД генератора в каждом из этих случаев.

|  |
| --- |
| **Дано:**  *R*1= 5 Ом  *R*2 = 0,2 Ом |
| **Найти:** |

**Решение**

Закон Ома для замкнутой цепи:

 (1)

и закон Джоуля-Ленца

 (2)

Здесь:

*I –* сила тока в цепи,

– сопротивление внешней цепи

- внутреннее сопротивление генератора,

 – ЭДС,

*N* – мощность, выделяемая на нагрузке *R*.

Запишем уравнение (1), выразив токи из (2) для двух случаев согласно условию задачи и получим систему уравнений, из которой можно определить .

 (4)

Разделим левые и правые части уравнений друг на друга, это приведёт к исключению  и *N*, затем выразим *r*.



Вычисление

 Ом

Согласно определению КПД () элемента это отношение мощности во внешней цепи к полной мощности

 (5)

вычисляем для двух внешних сопротивлений



**Ответ:** *r* = 1 Ом, η1 = 83,3%, η2 = 16,7%

**86.** Написать уравнение гармонического колебательного движения с амплитудой *А* = 50 мм, периодом *Т* = 4 с и начальной фазой *φ* = π /4.

|  |
| --- |
| **Дано:**  *А* = 50 мм  *Т* = 4 с  *φ* = π /4 |
| *x(t)* - ? |

**Решение:**

Общий вид уравнения гармонических колебаний:

 (1)

В этом уравнении:

*х(t)* – значение смещения в момент времени *t*,

*A* = 50 мм– амплитуда колебаний,

*ω*  = 2π/*Т* – угловая (циклическая) частота колебаний,

*Т* – период,

*φ* – начальная фаза колебаний.

Получаем уравнение согласно условию

**Ответ:**

; *х* – мм, *t* - сек

**96.** Через какое время от начала движения точка, совершающая колебательное движение по уравнению *х* = 7 sin π /2 t, проходит путь от положения равновесия до максимального смещения?

|  |
| --- |
| **Дано:**  *х* = 7 sin π /2 t |
| **Определить**  *tm* |

**Решение**

Общий вид уравнения гармонических колебаний:

 (1)

В этом уравнении:

*х(t)* – значение смещения в момент времени *t*,

*A* – амплитуда колебаний,

– угловая (циклическая) частота колебаний, в данном случае согласно уравнению .

*φ*– начальная фаза колебаний, в данном случае *φ* = 0.

Максимальное смещение (равное амплитуде), будет, когда 

Получаем

 с

**Ответ:** точка достигнет максимального смещения через с после начала движения.

**106.** Два маятника отклонены от своих положений равновесия и одновременно отпущены. Первый маятник с длиной подвеса 2 м совершил за некоторый промежуток времени 15 колебаний. Второй за это же время совершил 10 колебаний. Какова длина второго маятника?

|  |
| --- |
| **Дано:**  *ℓ*1 = 2 м  *N*1 = 15  *N*2 = 10 |
| *ℓ*2 - ? |

**Решение:**

Формула для периода колебаний математического маятника имеет вид:

 (1)

Здесь:

*Т* – период колебаний,

*ℓ*– длина маятника,

*g* – ускорение силы тяжести.

Составляем уравнение по условию задачи



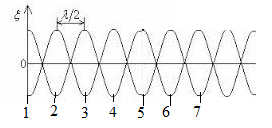
вычисляем  м

**Ответ:**  м

**116.** Найти длину λ колебаний, если расстояние между первой и четвертой пучностями стоячей волны *ℓ* = 15 см.

|  |
| --- |
| **Дано:**  =15 см |
|  |

**Решение**



На рисунке схематично изображено положение узлов и пучностей в стоячей волне, образованной в результате сложения двух встречных волн одинаковой частоты.

Минимальное расстояние между пучностями равно , где длина бегущих волн.

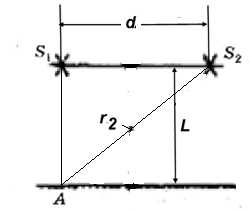
Легко убедиться, что между 1-ой и 4-ой пучностями укладывается 3 полуволны, т.е. см

**Ответ:** длина бегущей волны см

**126.** Два когерентных источника *S*1 и *S*2 с длиной волны λ = 5·10-7 м находятся на расстоянии *d* = 30 мм друг от друга. Экран расположен на расстоянии *L* = 4 см от каждого источника. Что будет наблюдаться на экране в точке, расположенной напротив источника *S*1?

|  |
| --- |
| **Дано:**  λ = 5·10-7 м  *d* = 30 мм = 3∙10-2 м  *L* = 4 см = 4∙10-2 м |
| Что в точке А? |

**Решение:**



На рисунке изображена оптическая схема задачи. В точку *А* приходят когерентные волны от двух источников и результат интерференции определяется оптической разностью хода лучей. Так как лучи идут в воздухе, показатель преломления которого , то оптическая разность хода равна геометрической. Из геометрии

м

Вычисляем количество полуволн на этой разности хода



Число полуволн чётное, следовательно, в точке *А* максимум.

**Ответ:** в точке *А* наблюдается максимум освещённости.

**136.** При какой температуре *Т* кинетическая энергия молекулы двухатомного газа будет равна энергии фотона с длиной волны λ = 589 нм?

|  |
| --- |
| **Дано:**  λ = 589 нм =  = 5,89∙10-7 м |
| *Т* - ? |

**Решение:**

Согласно закону равномерного распределения энергии по степеням свободы молекулы, полная кинетическая энергия молекулы равна

 (1)

В этой формуле:

*k* = 1.38∙10-23 Дж/К – постоянная Больцмана;

*Т* – абсолютная температура;

*i* – число степеней свободы молекулы.

Число степеней свободы молекулы определяет число видов движений молекулы, которые обладают кинетической энергией.

Это число складывается из числа поступательных степеней свободы *nпост* = 3, числа вращательных степеней свободы *nвр* (зависит от конфигурации молекулы) и удвоенного числа колебательных степеней свободы *nкол*

(зависит от полного числа атомов в молекуле и от их связей). Итак:

*i = nпост*+ *nвр* +2 *nкол* (2)

При невысоких температурах колебательные степени свободы не возбуждаются и их не учитывают.

Двухатомная молекула (две вращательные степени свободы) *i = nпост* + *nвр*  = 3+2 = 5, полная энергия

 (3)

Энергия фотона  (4)

*h* – постоянная Планка, *с* – скорость света в вакууме, λ – длина волны.

Приравниваем (3) и (4) и выражаем *Т*



вычисление К

**Ответ:** *Т* = 9,79∙103 К

**146.** Найти задерживающую разность потенциалов *U* для электронов, вырываемых при освещении калия светом с длиной волны *λ* = 330 нм.

|  |
| --- |
| **Дано:**  ** = 330 нм = 3,3∙10-7 м  *А*вых = 2,2 эВ =3,5∙10-19 Дж |
| *U* - ? |

**Решение**

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта

**,** (1)

где – ε - энергия фотонов, падающих на поверхность фотокатода; *А*вых – работа выхода электрона,  – максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов.

Максимальная кинетическая энергия электронов равна работе сил задерживающего электрического поля, т.е.

 = *еU* (2)

где *е* – заряд электрона; *U –* задерживающая разность потенциалов.

Выразим энергию фотона через длину волны.

 (3)

*h* – постоянная Планка, *λ* – длина волны, *с* – скорость света в вакууме.

Подставим (3) и (2) в (1) и выразим искомую величину *U*.

**** (4)

Вычисление В

**Ответ:** = 1,58 В

**156.** Найти наибольшую длину волны *λ*max в ультрафиолетовой области спектра водорода. Какую наименьшую скорость νmin должны иметь электроны, чтобы при возбуждении атомов водорода ударами электронов появилась эта линия?

|  |
| --- |
| **Дано:**  спектр водорода, у.ф. область |
| *λ*max - ? νmin - ? |

**Решение**

Спектр атома водорода описываются формулой Бальмера:

 (1)

Здесь: *λ* – длина волны спектральной линии, *R* = 1.097∙10 7 м-1 – постоянная Ридберга, *n*1 – квантовое число верхнего энергетического уровня,

*n*2 *–* квантовое число нижнего энергетического уровня.

Спектральные линии серии Лаймана (ультрафиолетовая область) соответствуют *n*1= 1 (переход на основной уровень)

Наибольшая длина волны соответствует переходу ,

Выполняем расчёты по формуле (1)

м = 121,5 нм

Эта линия появится, если электрон будет из основного состояния (*n* =1) переведён в первое возбуждённое (*n* = 2), т.е. энергия возбуждения равна энергии испущенного кванта *λ*max.

Соответствующая минимальная скорость возбуждающего электрона определится из уравнения энергий

м/с

*m* – масса электрона, *h* – постоянная Планка, *с* – скорость света в вакууме.

**Ответ:** *λ*max = 121,5 нм, νmin = 1,90∙106 м/с

**166.** Найти длину волны *λ* фотона, соответствующего переходу электрона со второй боровской орбиты на первую в двукратно ионизированном атоме лития.

|  |
| --- |
| **Дано:**  Ион Li++  Z =3 |
| - ? |

**Решение**

Двукратно ионизированный атом лития (ион Li++) представляет собой водородоподобный атом, для которого справедливы выводы теории Бора. Спектры водородоподобных атомов описываются формулой Бальмера:

 (1)

Здесь:

*λ* – длина волны спектральной линии,

*Z* – атомный номер элемента,

*R*– постоянная Ридберга,

*n*1 – квантовое число верхнего энергетического уровня,

*n*2 *–* квантовое число нижнего энергетического уровня.

Выполняем расчёты по формуле (1) для заданного перехода :

 м

**Ответ:**  = 13,5 нм

**176.** При бомбардировке изотопа азота  нейтронами получается изотоп углерода , который оказывается β-радиоактивным. Напишите уравнения ядерных реакций.

**Решение:**

Запишем первую реакцию



Для того чтобы определить, недостающее ядро в ходе этой реакции, необходимо определить зарядовое (*Z*) и массовое (*А*) число этого ядра. Для этого учтем, что при ядерных превращениях выполняются законы сохранения числа нуклонов и заряда:

*А*1+ *А*2 *= А*3+ *А*4

*Z*1 + *Z*2 = *Z*3 + *Z*4

Подставим численные значения, определим *Z* и *А*

14+1=14 + *А*, *А* = 1, 7 + 0 = 6 +*Z*, *Z* = 1.

Неизвестной частицей является  (ядро водорода - протон)

Уравнение реакции:



Далее запишем реакцию β – распада ядра 

- стабильный изотоп азота

**Ответ:** 1) 2) 

**186.** Найти энергию связи *Е*св, приходящуюся на один нуклон в ядре лития .

**Решение:**

Энергия связи нуклонов в атомном ядре определяется формулой:



Здесь:

*Z* – атомный номер (число протонов в ядре);

*А* – массовое число (число нуклонов в ядре):

*mH* – масса атома водорода;

*mn* – масса нейтрона;

*m* – масса атома;

Если использовать единицу МэВ для энергии и атомную единицу массы а.е.м. для масс ядерных частиц, то формула (1) приобретает вид:



Выписываем из таблиц массы частиц

*mH* = 1.00783 а.е.м.

*mn* = 1,00867 а.е.м.

*mLi* = 7.01601 а.е.м. (литий, *А* = 7)

подставляем числовые значения

МэВ

Энергия связи, приходящаяся на 1 нуклон (удельная энергия связи)

 МэВ/нуклон

**Ответ:**  МэВ/нуклон

**196.** Найти энергию *Q*, выделяющуюся при реакции 

**Решение:**

При соединении двух ядер дейтерия образуется ядро изотопа гелия и образуется нейтрон.

Уравнение реакции:

 (1)

Рассчитаем дефект масс реакции, используя таблицы масс изотопов (нейтральных атомов) в атомных единицах массы (а.е.м.)

 (2)

 а.е.м.

В соответствии с формулой *Е = mc*2 Эйнштейна, связывающей массу и энергию, получим энергетический эффект реакции, выраженный в мегаэлектронвольтах (МэВ)

*Q* = 931∆*m* = 931∙0,0035= 3,26 МэВ

Масса частиц до реакции превышает массу после реакции, следовательно, энергия выделяется (реакция экзотермическая).

**Ответ:** при реакции выделяется энергия *Q* = 3,26 МэВ

**Литература**

1. Трофимова Т.И. Курс физики. М. Высшая школа 2010.

3. Трофимова Т.И., Павлова З.Г. Сборник задач по курсу физики с решениями. – М.: Высш. шк., 1999.

3. Детлаф А.А., Яворский В.М. Курс физики. М. Высшая школа 2007.

4. Яворский В.М. Детлаф А.А. Справочник по физике. М. физматлит,1996.

5. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике. – М.: Интеграл-Пресс, 1981.