Задания

52. Считая, что на внешнее излучение уходит 10 процентов мощности СВЧ– печи, определить безопасное расстояние, если при работе печи не более 20 минут предельная допустимая плотность энергии равна 1 мВт/см2. СВЧ – печь считать за точечный источник мощностью 1 кВт.

62. Какова минимальная толщина покрытия на объективе фотоаппарата (голубая оптика), если при нормальном падении условие минимума при отражении должно выполняться для красного цвета (λ = 0,7 мкм).показатель преломления покрытия n =1.4

72. Период полураспада радиоактивного аргона 41Ar18 равен 110 минутам. Определить время, за которое распадется 25% первоначальной массы атомов.

82. Вычислить энергию ядерной реакции:

 27Al13 + 1n0→ 27Mg12 + 1p1

П Р И Л О Ж Е Н И Е

Т а б л и ц а 1

Основные физические постоянные ( округленные значения )

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Физическая величина | Обозначение | Числовое значение |
| Гравитационная постоянная |  G | 6.67⋅ 10-11м3/кг с2 |
| Постоянная Авогадро |  NA | 6.02⋅ 1023 моль-1 |
| Молярная газовая постоянная |  R | 8.31 Дж/моль К |
| Постоянная Больцмана |  k | 1.38⋅ 10-23Дж/К |
| Элементарный заряд |  е | 1.6⋅ 10-19 Кл |
| Масса покоя электрона |  me  | 9.11⋅ 10-31 кг |
| Электрическая постоянная |  ε0  | 8.85⋅ 10-12 Ф/м |
| Магнитная постоянная |  μ0 | 4π⋅ 10-7 Гн/м |
| Скорость света в вакууме |  с | 3⋅ 108 м/с |
| Постоянная Планка |  h  | 6.63⋅ 10-34 Дж⋅ с |
|  - “ - |  h | 1.05⋅ 10-34 Дж⋅ с |
| Постоянная Вина  |  b | 2.90⋅ 10-3 м К |
| Атомная единица массы |  mа | 1.66⋅ 10-27 кг |

Т а б л и ц а 2. Масса m0  энергия E0 покоя некоторых элементарных частиц и легких ядер

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  Масса |  Энергия |
|  Частица | m0 ,кг | m0 ,а.е.м. | Е0 , Дж | Е0 , МэВ |
| Электрон | 9.11⋅10-31 | 0.00055 | 8.16⋅10-14 | 0.511 |
| Протон | 1.672⋅10-27 | 1.00728 | 1.50⋅10-10 | 938 |
| Нейтрон | 1.675⋅10-27 | 1.00867 | 1.51⋅10-10 | 939 |
| Дейтрон | 3.35⋅10-27 | 2.0135 | 3.00⋅10-10 | 1876 |
| α - частица | 6.64⋅10-27 | 4.00149 | 5.96⋅10-10 | 3733 |

Т а б л и ц а 3.Массы некоторых нейтральных атомов в а.е.м.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Изотоп | Масса | Элемент | Изотоп  | Масса |
| Водород |  1H1 | 1.00783 | Алюминий |  27Аl13 | 26.98153 |
| Водород |  2Н1 | 2.01410 | Магний |  24Mg12 | 23.98504 |
| Водород |  3Н1 | 3.01605 | Магний |  24Mg12 | 26.98436 |
| Гелий |  3Не2 | 3.01603 | Фосфор |  33P15 | 32.97174 |
| Гелий |  4Не2 | 4.00260 | Сера |  32S16 | 32.97146 |
| Литий |  7Li3 | 7.01601 | Серебро |  108Ag47 | 107.868 |

Т а б л и ц а 4. Периоды полураспада некоторых радиоактивных элементов.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Символ | Тип распада | Период полураспада |
| Углерод | 14С6 | β- | 5730 лет |
| Магний |  27Mg12 | β- | 10 минут |
| Кобальт | 60Co27 | β-, γ | 10 суток |
| Стронций | 90Sr38 | β- | 28 лет |
| Иод | 131J53 | β- | 8 суток |
| Цезий | 137Cs55 | β- | 26.6 лет |
| Радий | 219Ra88  | α | 10-3 с |
| Радий | 226Ra88 | α, γ | 1620 лет |
| Радон  | 222Rn86 | α | 3.8 суток |

Т а б л и ц а 5. Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Приставка |  |  | Приставка |  |  |
| Наименование | Обозначение | Множитель | Наименование | Обозначение | Множитель |
|  Экса |  Э |  1018 |  деци |  д |  10-1 |
|  Пэта |  П |  1015 |  санти |  с |  10-2 |
|  Тера |  Т |  1012 |  милли |  м |  10-3 |
|  Гига |  Г |  109 |  микро |  мк |  10-6 |
|  Мега |  М |  106 |  нано  |  н |  10-9 |
|  Кило |  К |  103 |  пико |  п |  10-12 |
|  Гекто |  г |  102 |  фемто |  ф |  10-15 |
|  Дека |  дк |  101 |  атто |  а |  10-18 |

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

*Основные законы и формулы механики*

Скорость мгновенная v = dх/dt

Угловая скорость мгновенная ω = dϕ/dt

Ускорение :

мгновенное а = dv/dt = d2х/dt2

тангенциальное аτ = d⏐v⏐/dt

нормальное аn = v2/r

полное a = √ аτ 2 + аτ2

Угловое ускорение мгновенное ε = dω/dt = d2ϕ/dt2

Cвязь между линейными и угловыми s = ϕr ; v = ωr ;

величинами, характеризующими движение аτ = ε r ; аn = ω2 r .

точки по окружности .

Второй закон Ньютона для поступательного d **P**/dt = ∑ **Fi**

движения i

Второй закон Ньютона для поступательного m **a** = ∑ **Fi**

движения тела с m =const i

Количество движения материальной точки **P** = m**v**

массы m, движущейся со скоростью v

Потенциальная энергия:

упругодеформированного тела (работа Епот = А = k х2/2 ;

упругой силы)

гравитационного взаимодействия двух тел Епот = -G m1m2/r ;

тела в однородном поле тяготения Епот = mgh .

Кинетическая энергия поступательного Екин = mv2/2 = P2/2m

движения тела

Момент инерции материальной точки J = mr2

массой m на расстоянии r от оси вращения

Моменты инерции некоторых тел массы m

относительно оси вращения проходящей

через центр тяжести:

полого цилиндра ( колеса) радиуса R J = m R2 ;

сплошного цилиндра ( диска ) радиуса R J = mR2/2 ;

шара радиуса R J = 0.4 mR2 ;

стержня длиной l, если ось ⊥ стержню J = ml2/12 ;

тела относительно произвольной оси (тео- J = J0 + md2 .

рема Штейнера)

Момент силы относительно оси вращения **М = [ r F ]**

Момент количества движения L = Jω

Основное уравнение динамики вращательного M = d L/dt = d(Jω)/dt

движения твердого тела

то же для J = const **M** = J d**ω**/dt = J**ε**

Закон сохранения момента количества ∑ Ji**ω**i = const

движения i

Кинетическая энергия вращающегося тела Евращ = Jω2/2

Закон сохранения энергии Епот +Екин +Евращ=const

Работа при повороте на угол dϕ dА = Mdϕ

*Основные законы и и формулы молекулярной физики и термодинамики*

Количество вещества ν = N/NA = m/μ

Уравнение Клапейрона - Менделеева (уравнение РV = mRT/μ

состояния идеального газа )

Закон Дальтона Р = P1 + P2 +....+ Pn

Концентрация молекул n = N/V = NAρ/μ

Закон Фурье q =-λ (dT/dх)

 Первое начало термодинамики δQ = dU + δA

*Основные законы и и формулы электростатики и постоянного тока.*

Закон Кулона F = q1 q2 / 4πεε0 r2

Напряженность электрического поля Е = F/q1

Напряженность поля точечного заряда q2 Е = q2 / 4πεε0 r2

Теорема Остроградского - Гаусса ∫ ЕndS = ( ∑qi )/ εε0

Cвязь между потенциалом ϕ и напряженностью Е = -grad ϕ

поля

Сила тока I = dq/dt

Заряд, прошедший по проводнику q = ∫ I(t) dt

Закон Ома для замкнутой цепи I = ε/ (R + r)

Закон Джоуля -Ленца для пост. тока Q = I2R t

То же для тока, зависящего от времени Q = ∫ I2(t)Rdt

Сопротивление однородного проводника R = ρ l /S

Полная мощность , выделяющаяся в цепи P = I ε = ε2/ (R + r )

*Основные законы и формулы электромагнетизма*

Закон Ампера dF = BIdLsinα

Механический момент, действующий на контур M = pmB sinα

с током помещенный в магнитное поле

Магнитный момент контура с током pm = IS

Cвязь магнитной индукции с напряженностью В = μμ0Н

магнитного поля

Магнитная индукция в центре кругового тока В = μμ0I/2R

Магнитная индукция поля:

созданного бесконечно длинным B = μμ0I/2πR

проводникомс током на расстoянии R

созданного отрезком проводника с током B = μμ0I(cоsα1 -cosα)/4πd

на расстоянии d

беконечно длинного соленоида и тороида В =μμ0 n I

имеющих плотность витков n

Cила Лоренца **F** = q **E** + q **[v B]**

Закон электромагнитной индукции Фарадея Е =- N dФ/dt

Потокосцепление Ψ = NФ

Потокосцепление соленоида Ψ = LI

Электродвижущая сила самоиндукции εs = - L dI/dt

Индуктивность соленоида длиной l L = μμ0 n2 lS

и сечением S

 Объемная плотность энергии

 электромагнитного поля

 

Связь между мгновенными значениями ****

 напряженностей электрического Е

 и магнитного Н полей электромагнитной волны

 Плотность потока электромагнитной энергии  **S** = [**EH**]

 – вектор Умова – Пойтинга

*Основные законы и формулы оптики*

Показатель преломления среды (абсолютный) n = c/v

Оптическая длина пути L = n r

Оптическая разность хода двух световых волн Δ = L1 - L2

Условие для оптической разности хода при

интерференции:

для максимума Δ =± 2k λ/2 k = 0,1,2..

для минимума Δ =±(2k±1)λ/2 k=0,1,2..

Условие дифракционных максимумов от одной a⋅sin ϕ =(2k+1) λ/2

щели

Условие дифракционных минимумов от одной a⋅sin ϕ = 2k λ/2

щели

Условие главных максимумов дифракционной с⋅sin ϕ = k λ

решетки

Формула Вульфа - Брэгга для дифракции 2d sin θ = kλ

рентгеновских лучей

Разрешающая сила дифракционной решетки R = λ/Δλ = kN

Энергия фотона ε = hν = hc/λ

Масса фотона mф = ε/с2 = hν/с2 =h/cλ

Импульс фотона рф = mф/с = hν/с =h/λ

Закон смещения Вина λмах= b/T

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта hν = А + mv2/2

Красная граница фотоэффекта νгр= А/h или λгр =hc/A

Изменение длины волны при эффекте Δλ = h(1-cosθ)/m0c =

Комптона =Λ(1-cosθ) = 2Λsin2θ/2

*Основные законы и формулы атомной и ядерной физики*

Длина волны де Бройля λ =h/p = h/mv

Закон радиоактивного распада N = N0 e-λt

Дефект массы ядра Δm = Zmp +(A - Z)mn - mя

Энергия связи ядра Е =Δm с2; E = 931Δm,

 где Е выражена в МэВ

Удельная энергия связи ядер εуд= Е/А

**Примеры решения задач**

Пример 1. *Маховик в виде колеса массой m = 30 кг и диаметром 60 см вращается с угловой скоростью ω, изменяющейся по закону ω = Аt10 , где А = 2 рад/с11. Найти закон движения ϕ(t), угловое ускорение ε (t), момент сил М(t) и момент количества движения L(t). Вычислить эти величины через 2 с после начала движения. Считать начальный угол ϕ(t =0) = ϕ0 = 0 .*

Решение.

 Перевод в СИ

m = 30 кг 30 кг

D = 60 см 0,6 м

ω = Аt10 = 2⋅ t10рад/с11 2⋅ t10рад/с

 t = 2 c 2 c

Определить: ϕ(t), ε (t), М(t), L(t).

Если известен закон движения, то угловая скорость определяется как первая производная от ϕ(t) по времени:

 dϕ

 ω(t) = ⎯⎯ (1)

 dt

Закон движения ϕ(t) находится решением обратной задачи, т.е. интегрированием угловой скорости по времени:

 t

 ϕ(t) = ∫ ω(τ) d τ + ϕ0

 0

При ω(t) = 2 ⋅t10 ,с учетом ϕ0 = 0:

 t 2⋅t11

 ϕ(t) = ∫ 2⋅τ10 d τ + ϕ0 = ⎯⎯ (3)

 0 11

 2⋅211

В момент времени t = 2 с маховик повернулся на угол ϕ(t =2 с) = ⎯⎯

 11

= 372,3 ≈ 372 рад.

Угловое ускорение определяется как первая производная от угловой скорости по времени:

 dω d

 ε = ⎯⎯ = ⎯⎯ ( 2 ⋅t10) = 10 ⋅ 2⋅ t9 (4)

 dt dt

В момент времени t = 2 c угловое ускорение равно:

 ε ( t = 2c) = 10 ⋅ 2 ⋅ 29 = 10240 ≈ 1,02⋅ 104 рад/с2

Момент сил можно определить из основного закона динамики для вращательного движения твердого тела:

 М = I ⋅ ε (5)

где I - момент инерции тела.

В нашем случае момент инерции колеса равен:

 I = mR2 = mD2/4 (6)

Подставляя выражения (4) и (6) в (5) получим:

 mD2 20 t9

 М = ⎯⎯ ⋅⎯⎯

 4

При t = 2 c

 30 ⋅ ( 0,6)2 20⋅29

 M = ⎯⎯ ⎯⎯ ⎯⎯ = 27648 ≈ 2,77 ⋅ 104 Н⋅м

 4

Момент количества движения равен:

 L = I ω (7)

Подставляя выражения для ω и (6) в (7) получим:

 mD2  2 t10

 L = ⎯⎯ ⎯⎯

 4

При t = 2 c

 30⋅ (0,6)2 ⋅ 2⋅ 210

 L = ⎯⎯ ⎯⎯ ⎯⎯ = 5529,6 = 5,53⋅ 103 кг м2/с

 4

Проверим размерность полученных выражений.

 рад с11

 [ϕ] = [А] [t11] = ⎯⎯⎯⎯ = рад;

 с11

 рад с9

 [ε] = [А] [t9] = ⎯⎯⎯⎯ = рад/с2

 с11

 mD2 ⋅ A t9  кг м2 с9 кг м м

 [M] = [⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯ ] = ⎯⎯⎯⎯ = ⎯⎯⎯⎯ = Н м

 4 11 с11 с2

 кг м2 c10

 [L] = [ m D2 A t10 ] = ⎯⎯⎯⎯ = кг м2 с-1

 c11

Ответ: ϕ(t=2) =372рад, ε(t=2с)= 1,02⋅ 104 рад/с2, М(t) =2,77 ⋅ 104 Н м

 L(t) = 5,53⋅ 103 кг м2/с

Пример 2. *Соковыжималка раскручивается до 7200 об\мин. Определить силу , действующую на кусочек яблока массой 5г, при диаметре камеры D =24 см. Вычислить линейную скорость кусочка яблока. Оценить мощность соковыжималки, если максимальные обороты достигаются за 8с. Барабан представляет собой полуцилиндр, масса дна и кольца примерно одинакова и равна 100 г. Яблочная масса при загрузке составляет 300 г.*

Решение. СИ

n = 7200 об\мин = 120 с-1

R = D/2 = 12 см = 0,12 м

m = 5 г = 5 ·10-3 кг

m1 = 100 г = 0,1 кг

m2 = 300 г = 0,3 кг

t = 4с

Определить: силу F, скорость V, мощность Р

Кусок яблока движется по круговой траектории с центростремительным ускорением

а = V2\ R . (1)

Сила, действующую на кусочек яблока со стороны барабана, равна

F= mV2\ R .

С силой F кусок яблока прижимается к барабану. Поэтому искомая сила равна

F= mV2\ R = F= mω2 R , (2)

где V = ω R –линейная скорость кусочка яблока;

 ω = 2π n - угловая скорость

Проверим размерность. подставляя:

 кг· с-2 · м

[F] = [⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯ ] = кг· м·с-2 = Н

Проведем вычисления:

Сила F = mω2 R= 5 ·10-3 ·(2 ·3,14)2 ·(120)21,2·10-1=5·10-3 ·4·9,86·1,44·104 1,2·10-1≈341Н

Линейная скорость кусочка яблока:

V = ω R = 2π n R =2·3,14 ·120 · 0,12 =90.432 ≈ 90.4 м\с

Мощность соковыжималки можно оценить, вычислив кинетическую энергию вращающегося барабана вместе с содержимым и разделив её на время раскручивания.

Кинетическая энергия вращения равна:

Екин = (I + I1) ω2 \2

где I = m2 R 2 – момент инерции яблочной массы;

 I1 = m1 R 2 \ 2 + m1 R 2 момент инерции полуцилиндра, состоящего из диска и кольца.

I = 0,3· (0,12)2 = 0.00432 =4.32·10-3 кг·м2

I1 =(0.05 +0.1) · (0,12)2 = 2.16·10-3  кг·м2

Екин= (4.32 + 2.16) ·10-3  ·(2π 120)2 \ 2 = 6.48 ·10-3 · 2· (3,14)2 1.44· 104 ≈ 1.84·103  Дж.

Мощность соковыжималки:

Р = Екин \ t =1.84·103  / 4 ≈ 460Вт

Ответ: сила , прижимающая кусочек яблока к барабану F = 341Н,

линейная скорость кусочка яблока:V ≈ 90.4 м\с ; мощность соковыжималки Р ≈ 460Вт.

**Пример 3** *Определить плотность смеси газов ( 60 % пропана - С3Н8,30% бутана - С4 Н10 и 10% метана - CH4) находящихся при температуре 27 0С и давлении 0.11МПа.*

Решение. СИ

μ1(С3Н8) = (3⋅12 +8⋅1) ⋅ 10-3 = 44⋅10-3кг/моль - “ -

m1/m= 0.6 - “ -

μ2 (С4H10) = (4⋅12 + 10⋅1) ⋅10-3=56⋅10-3 кг/моль - “ -

m2/m =0.3 - “ -

μ3 (СН4) = ( 12 + 4⋅1) ⋅10-3 = 16⋅10-3 кг/моль - “ -

m3/m = 0.1 - “ -

t = 270C Т = 300 К

P = 0.11 MПа 0.11⋅ 106 Па

Определить: ρ

По закону Дальтона давление смеси газов P равно сумме парциальных давлений газов, составляющих смесь P1( C3 H8), P2(C4 H10) ,P3 (CH4) :

P = P1 + P2 + P3 (1)

Для каждого газа справедливо уравнение состояния (Клапейрона -Менделеева):

Pi V = (mi /μi )RT (2)

Из выражения (2) можно выразить парциальное давление:

Pi = (mi /μi )RT/V (3)

Уравнение Клапейрона - Менделеева справедливо и для смеси газов:

P V = (m /μ )RT (4)

Плотность газа равна:

ρ = m/V = Pμ/ RT (5)

 Молярную массу смеси можно найти подставив (3) в (1) :

P =(m1/μ1)RT/V + (m2 /μ2 )RT/V + (m3 /μ3 )RT/V = (m/μ) RT/V (6)

Из уравнения (6) молярная масса μ равна:

μ = (m1/μ1m +m2/μ2m + m3/μ3m)-1  (7)

Подставляя (7) в (5) получим выражение для плотности смеси:

ρ = P/ RT (m1/μ1m +m2/μ2m + m3/μ3m)

Проверим размерность получившейся формулы:

[ρ]=[P] /[R][T] [μ-1]=Па/ (Дж моль-1К-1)К (кг/моль)-1=Па/Дж кг-1=Нм-2 кг/Нм=

кг/м3

ρ = 0.11⋅106 /8.31 300 (0.6/44⋅10-3 + 0.3/ 56⋅10-3 + 0.11/6⋅10-3) = (0.11⋅ 39.6 /8.31⋅3⋅) ⋅ 106-2-3 = = 0.175⋅10 =1.75 кг/м3

Ответ: ρ = 1.75 кг/м3

**Пример 4.** *Глухая кирпичная стена имеет размеры: длина - 5 м,высота - 3.0 м, толщина - 50 см ( 2 кирпича). Рассчитать поток тепла, если внутренняя температура стены - +180С, а наружная - -200С. Определить количество тепла* *уходящее через стену за 1с и за 1час. Оценить мощность теплового источника, требуемого для компенсации потерь тепла. Теплопроводность кирпича 0.8 Вт/м⋅К*

Решение CИ

l = 5 м - “ -

h = 2.7 м - “ -

d = 50 см 0.5 м

t1 = +180C T1 =291 K

t2 = -200C T2 =253 K

λ = 0.8 Вт/м К - “ -

Поток тепла через поверхность q (количество энергии передающееся через единицу площади [1 м2] за 1c) определяется законом Фурье:

 ∂ T

q = - λ ⎯⎯⎯ (1)

 ∂ х

где λ - коэффициент теплопроводности.

Градиент температуры на поверхности стены ∂ T/∂ х можно оценить как:

∂ T T2 - T1 253 -291

⎯⎯ ≈ ⎯⎯⎯⎯ = ⎯⎯⎯⎯ = - 76 К/м (2)

∂ х х2 - х1 0.5

Тогда:

q = - 0.8 ( - 76) = 60.8 Дж/м2с

Все количество тепла через поверхность площадью S за время t будет определяться формулой:

Q = q S t (3)

За время t1= 1c через стену проходит количество тепла Q1:

Q1 = qSt1 = 60.8⋅5⋅3⋅1 = 912 = 9.12⋅102 Дж. (4)

За время t2= 1чаc=3600 с через стену проходит количество тепла Q2:

Q2 =qSt2 = 60.8⋅5⋅3⋅3600 = 3283200 ≈ 3.28⋅106 Дж (5)

Мощность источников тепла для компенсации потерь через эту стену должна быть:

N = Q/t = qS = 60.8⋅5⋅3 = 912 Вт (6)

Проверка размерности:

[Q] = [q][S][t] =(Дж/м2с) (м2) (с) = Дж

[N] = [q][S] = (Дж/м2с)(м2) = Дж/с = Вт

Ответ: Q1 = 912 Дж, Q2 =3.28⋅106 Дж , N = 912 Вт

**Пример 5** *Сила тока в резисторе линейно возрастает за 4 секунды от 1 до 8 А. Сопротивление резистора 10 Ом. Определить количество теплоты, выделившееся в резисторе за первые 3 секунды.*

Решение.

t0 =0 c По закону Джоуля -Ленца количество теплоты dQ,

t1 =4 c выделяющееся за время dt равно:

I0 =1A dQ = I2(t)Rdt

I1 =8 A Зависимость тока от времени, по условию, является

t2 =3 c линейной:

R = 10 Ом I(t) = I0 + kt

Q = ? где k = (I1 - I0)/(t1 - t0) - скорость возрастания тока.

Количество тепла выделившееся на сопротивлении R за промежуток времени от t0 до t2 определяется интегралом:

 t2 t2

 Q = ∫ I2(t)Rdt = ∫ (I0 + kt)2R dt

 t0  t0

Вычислив интеграл , получаем:

 Q = I02R(t2 - t0) + 2I0Rk(t2 - t0)2/2 + Rk2 (t2 - t0)3/3 =

 = 10{1⋅3 + 2⋅1⋅(7/4)(3)2 + (7/4)2(3)3/3] = 620.625 ≈

 ≈ 621 Дж

Ответ: Q = 621 Дж

**Пример 6.** *Считая, что на внешнее излучение уходит 5% мощности СВЧ печи, определить безопасное расстояние, на котором можно находиться вблизи печи, если допустимая плотность потока энергии 103 мкВт\см2 при работе печи не более 20 мин. СВЧ - печь считать за точечный источник излучения мощностью* 1 кВт

Дано:

S0 = 10мкВт/см2 = 10·10-6 ·104= 0,1 Вт/м2

η = 5%=0,05

Р0 = 1 кВт = 103 Вт

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Найти r > r0

Если считать печь точечным источником излучения, то энергия приходящаяся на единицу площади в единицу времени (т.е. плотность потока энергии или плотность мощности) на расстоянии r равна:



При продолжительности воздействия излучения не более 20 минут санитарные нормы ограничивают плотность потока энергии не более S0 = 0.1Вт/м2.

Это означает, что находиться около источника можно только на расстояниях, на которых модуль вектора излучения Умова - Пойнтинга (плотность потока энергии) будет меньше, чем S0 .

S (r) < S0 .



 < S0

 **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

r > r0 = √ η Ро / 4π S0



Проведем вычисления:

 **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

 r0 = √ 0,05 103 / 4π 10-1 = 6.3

Ответ: находиться можно только на расстояниях больших, чем r > r0 = 6.3 м.

**Пример 7.** *Определить расстояние между атомными плоскостями в кристалле каменной соли, если дифракционный максимум первого порядка наблюдается при падении рентгеновских лучей с длиной волны 0,147 нм под углом 15012' к поверхности кристалла..*

Решение.

λ = 0.147 нм

θ = 15012'

k = 1

Найти: d. рис 3

Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах - это результат интерференции рентгеновского излучения, зеркально отражающегося от системы параллельных плоскостей, которые проходят через узлы - атомы кристаллической решетки. Эти плоскости называют атомными плоскостями / рис 3/. Отражение наблюдается лишь в тех направлениях, соответствующих дифракционным максимумам, которым удовлетворяет соотношение:

Δ = ⏐BC⏐ +⏐BD⏐= 2d sinθ или 2d sinθ = k λ (1)

где k = 1,2,3... - порядок дифракционного максимума;

 θ - угол скольжения, т.е. угол между падающим лучом и плоскостью

 кристалла;

 d - между соседними плоскостями, называемое межплоскостным.

Исходя из условия (1) и учитывая, что k= 1, имеем:

 λ 1.47⋅10-10 м

d = ⎯⎯⎯ = ⎯⎯⎯⎯⎯⎯ = 2.82 ⋅ 10-10 м = 0.282 нм.

 2 sinθ 2 sin 15012'

Ответ: d = 0.282 нм.

**Пример 8.** *При анализе содержания сахара используется явление вращения плоскости поляризации света. Определить процентное содержание сахара в кювете длиной 1дм., если плоскость поляризации света повернулась после прохождения раствора на угол φ = 80 . Постоянная вращения сахара α =660 град\м*

L = 1 дм =0,1 м

φ = 80

α =660 град\м

Определить: С(%)

Угол поворота плоскости поляризации света после прохождения раствора

длиной L пропорционален длине пути света и концентрации раствора С:

φ = α С L

Поэтому концентрация сахара равна:

 φ 80

С = ⎯⎯⎯ = ⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯ =0,121 = 12,1 %

 α L 660 град\м ⋅ 0,1 м

Ответ: концентрация сахара С = 12,1 %

**Пример 9.** *Определить, сколько ядер в 1 г радиоактивного стронция 90Sr38 распадается в течение одного года.*

Решение.

m = 10-3 кг Для определения числа атомов, содержащихся в 1 г 90Sr38

Т1/2= 27 лет используем соотношение N = νNA = Nam/μ , где NA посто-

t = 1 год янная Авогадро, ν - число молей в изотопе стронция,

 μ- молярная масса изотопа.

Для изотопа стронция 90Sr38 молярная масса μ = 90 ⋅ 10-3 кг/моль

Используем закон радиоактивного распада:

N =N0 e-λt (2)

где N0  - начальное ядер число нераспавшихся в момент t = 0

 N - число нераспавшихся ядер в момент t ;

 λ - постоянная радиоактивного распада;

 e-λt= eхp - λt - экспоненциально затухающая функция.

Количество распавшихся ядер 90Sr38  в течение 1 года:

Nt =N0 - N = N0 ( 1 - e-λt ) (3)

Учитывая , что постоянная радиоактивного распада связана с периодом полураспада соотношением λ =(ln 2)/T1/2 ,получим :

Nt = N0 [ 1 - eхp - ( t ln2 )/T1/2 ] (4)

Подставляя (1) в выражение (4), имеем:

Nt = NA(m/μ)[ 1 - eхp - ( t ln2 )/T1/2 ] (5)

Произведя вычисления по формуле (5), найдем:

Nt = 6.02⋅1023 ⋅ 10-3⋅( 90⋅10-3) [ 1 - eхp ( - 0.693 ⋅ 1/27)] = 6.4⋅1021 ядер.

Проверим размерность:

[ Nt] = моль-1⋅ кг⋅( кг/моль)-1 = - безразмерно.

Ответ: Nt = 6.4⋅1021 ядер.

Пример 10. *Вычислить дефект массы, энергию связи ядра 7Li3 и удельную энергию связи в этом ядре.*

Решение. Масса ядра всегда меньше суммы масс свободных (находящихся вне ядра) протонов и нейтронов, из которых ядро образовалось. Дефект массы ядра Δm и есть разность между суммой масс свободных нуклонов (протонов и нейтронов) и массой ядра:

Δm = Zmp + (A - Z)mn - mя (1)

где Z - атомный номер (число протонов в ядре);

 А - массовое число ( число нуклонов, ссоставляющих ядро);

 mp,mn,mя - массы протона, нейтрона и ядра соответственно.

В справочных таблицах всегда даются массы нейтральных атомов, но не ядер, поэтому формулу (1) следует преобразовать так, чтобы в нее входила масса mа нейтрального атома. Можно считать, что масса нейтрального атома равна сумме масс ядра и электронов, составляющих электронную оболочку атома:mа =mя + Zmе т.е: mя =mа - Z mе  (2)

 Выразив в равенстве (1) массу ядра по формуле (2), получаем:

Δm = Zmp + (A - Z)mn - mа  + Zmе = Z(mp + me) + (A - Z)mn - ma (3)

Замечая, что сумма масс протона и электрона равна массе водорода mp+me=mH , окончательно находим

Δm = ZmН  + (A - Z)mn - ma  (4)

Подставив в выражение (4) числовые значения масс ( см. табл. 2), получим:

Δm = [ 3⋅1.00783 + (7-3)⋅1.00867 -7.01601] а.е.м. = 0.04216 а.е.м.

В соответствии с законом массы и энергии

Е = с2⋅Δm (5),

где с - скорость света в вакууме.

В системе СИ коэффициент пропорциональности с2 равен:

с2 = 9⋅1016 м2/с2 =9⋅1016Дж/кг

В ядерной физике используются внесистемные единицы, в которых энергия измеряется в мегаэлектрон-вольтах (МэВ),а масса в атомных единицах массы (а.е.м.):

с2 = 931 МэВ/а.е.м.

Во внесистемных единицах формула (5) для энергии связи принимает вид:

Е = 931 Δm (МэВ) (6)

Подставив найденное значение дефекта массы ядра в формулу (6) получим:

Е = 931⋅0.04216 = 39.2 МэВ

Удельная энергия связи εуд -это энергия связи приходящаяся на один нуклон в ядре:

εуд= Е/А = 39.2/7 =5.6 МэВ/нуклон .

Ответ: Δm = 0.04216 а.е.м., Е = 39.2 МэВ, εуд =5.6 МэВ/нуклон .