# 5.2. Задания с развернутым ответом

*Возможное решение.*

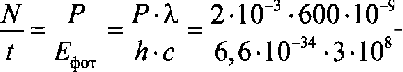
1. Для энергии одного фотона запишем:

*Е ——hv ——h —С ,*

*те с —* скорость света в вакууме.

1. Мощность излучения указки:

, где *N чнcпo* фотонов в единицу времени.

1. Число излученных фотонов в единицу времени:

- -6 10" с°'

*Ответ. —N ==* -6 10'5 с

1. *Возможное решение.*
   1. Для энергии одного фотона запишем: *Е ——hv -— h —CC ,*

где с — скорость света в вакууме.

* 1. Энергия, излучаемая указкой за время *t: Е —— Р- t —— N- Е ,*

*те Р —* мощность излучения лазерной указки.

* 1. Для времени получаем:

*t N h с \_* -5 10 6,6 10 ’ -3 10' = 2 с.

3

*Р L* 1 -10-' 50-0 l 0‘9

*Ответ.- t =-* 2 с.

*Вожожное решение.*

1. Для энергии одного фотона запишем: *Е —- hv ——h С*

*—*

где *с —* скорость света в вакууме.

1. Энергия, излучаемая указкой за время *t: Е —— Р- t —— N* йф .
2. Для мощности излучения получаем:

*-t L*

-5 600 10 9

- 0, 004 Вт = 4 мВт.

*Ответ. Р --* 4 мВт.

1. *Возможное решение.*

### Запишем выражение для энергии фотона: *Е, —— he*

Найдем энергию всех фотонов, излучаемых за время i:

*Е -— hc N '—,* где *N —* шісло фотонов, излучаемых за т = 1 с.

Z т

* 1. Найдем количество теплоты, которое требуется для плавле- ния льда и нагревания водн: *Q ——mL+ с mbt .*
  2. Используем закон сохранения энергии с учетом коэффіщи- ента поглощения ‹х:

*а- —h*

*- N '— —- с qmbt + Lm.*

* 1. Отсюда получим ответ:

*т(L+* суд )

*N ahct*

1 (3,3 10' + 4200 10о) з,з to-'

' 0,5 6,6 10 3‘ -3 -10' -1,25 -10’

= 2- 1020a

*Ответ.- N -—* -2

10".

*Ответ.’ т ==* 1 кг.

*Вожожное решение.*

Энергия фотона связана с частотой колебаний световой волны соотношением Іlланка: йф = *hv.*

В соответствии с постулатами Бора при переходах между уровнями с энергиями £g и *En* Поглощаются и излучаются фо- тоны с энергией Уф, удовлетворяющей условию

*Ep — Е ——* Лф *hvq .*

В последовательности переходов между уровнями энергий

*Ee —-+ Ee —-+ E z —-+ Е*4 *—-+ Е,,* при которых атом из состояния с

энергией £; возвращается в это же состояние, суммарная энер- гия поглощенньlх фотонов равна суммарной энергии излучен- ных фотонов:

б\* і—з

/ivзz + *h\* z4 h* 4 ' 0Ј

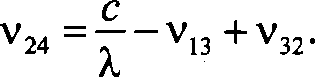
### ято определяет искомую частот-у

•24 = 41 —• . + •32'

Частота света, излучаемого при переходе 4 --+ 1 , связана с

длиной волны Х соотношением

V 4 i = , поэтому выражение

для искомой частоты записывается в виде

Подставляя значения физических величин, получим:

 -3 10' — 7 10" +-3 10" Fц - 4,-3 1014

" ' 360 - l 0‘9

*Ответ:* v,4 > 4,-3

10" Гц.

1. *Возможное решение.*

Частота фотона, испускаемого атомом при переходе с одного уровня энергии на другой, пропорциональна разности энергий

этих уровней v,

*\_ Е — Е,*

*h*

Поэтому запиюем:

41' 31 + 42 32' 10"(6 + 4 — 3) = 7- 10" Гц.

Отсюда L4 = с

*Ответ‘.* 341 - 4,3- 1037 м.

1. *Возможное решение.*

Максимальная длина волньl соответствует минимальной час- тоте. Частота фотона, испускаемого атомом при переходе с одного уровня энергии на другой, пропорциональна разности

энергий этих уровней: v *\_ Е — Е,*

2 ' *h*

Имеем 321 » — v3§ = 10"(7 — 3) = 4 - 10" (Гц),

vi = 3- 10" (Гц),

v4 = v 4 — v = 10' 4(5 — 3) — -2 10' 4 (Гц).

Минимальной здесь является частота •4› — 2- 10" (Гц). Ей со- ответствует длина волны Z4 = c

*Ответ.-* k4, - 1,5- 10“ м.

*Возможное решение.*

Энергия фотона связана с длиной световой волны соотноше- нием Планка:

*hc*

В соответствии с постулатами Бора при переходах между уровнями с энергиями *Eg н Е* поглощаются и излучаются фо- тоны с энергией Лф, удовлетворяющей условию

*hc*

### В последовательности переходов между уровнями энергий

*Е, --+ Ee --+ Ez --+ E4 --+ Ee ,* при которых атом из состояния с

энергией *Е* возвращается в это же состояние, суммарная энер- гия поглощенных фотонов равна суммарной энергии излучен- ных фотонов:

*hc \_ hc+ he he* = 0,

что определяет искомую длину волны: где Z4, = Z, .

1 1 1 1

Отсюда: 342

=

13‘32 **‘0‘32**+ ‘I 3 д

Подставляя значения физических величин, получим:

\_ 250 300 550 = 400 им.

2‘ 30-0 550 — 250 550 + 300 - 250

*Ответ‘.* 324 - 400 им.

*Возможное решение.*

Минимальная длина волны соответствует максимальной час-

### тоте и энерши фотона.

То есть k = Z4 , и v14 = 1,-2 10" (Гц)

, 2,5 10 7

### Имеем: v,

*с \_* -3 10' = 0, 75 -10" (Гц) ;

Z, z 4 10 7

с 3 10' = 0,55 -10" (Гц).

—7

32

‘ 32 5, 45 10

Частота фотона, испускаемого атомом при переходе с одного

**уровня** энергии на другой, пропорциональна разности энергий

этих уровней. Поэтому - 314 — 24 + 32 - i iol 5

## с \_ 3 -10' — 3 10 ..

*Ответ.’* 3 • l0 ° 7 м.

*Возможное решение.*

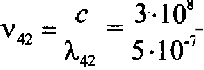
Частота фотона, испускаемого атомом при переходе с одного уровня энергии на другой, пропорциональна разности энергий этих уровней. Поэтому имеем:

41' 31+ 43, 43' 42-\*\* €hcюAa: \*41- \*\* + 42- 32a

Имеем:р \_ с

-3 10'

= 0, 75 10 (Гц) ,

" зі 4 10

= 0,-6 10 (Гц) ,

 с \_ -3 10'

3

' ' зз 6 10"

ЄЇОЗТОМ 41 = 0,85- 10 Гц,

 с \_ -3 10'

‘4 I

vi 0,8-5

10"

*Ответ.’* 350 им.

1. *Возможное решение.*

В серии Лаймана энергия фотона равна *Е - Е, ,*

где п = 2, 3, ... . Аналогично в серии Бальмера энергия фотона равна *Е — Ee ,* где п = 3, 4, ... .

Частота фотона связана с его энергией равенством *hv -- Е ,*

где *h—* постоянная Планка.

*Eq - Е,* 0 — (—1

 ~~'~~ = 4.

*Е Ez* о — — 1

2 2

*Ответ: ——* 4.

1. *Возможное решение.*

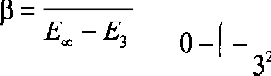
В серии Бальмера энергия фотона равна *Е - Ee ,*

где в = 3, 4, ... . Аналогично в серии Пашена энергия фотона равна *Е — Е ,* где в = 4, 5, ... .

Частота фотона связана с его энергией равенством *hv ——Е,*

где *h —* постоянная Планка. Поэтому

\_1 \_ \_ 1

*Е — Е* 32 22 \_ 5 32

1 3-2

2 2‘

*Ответ. ) ——* 1,25.

1. *Возможное решение.*

В серии Лаймана энергия фотона равна *Е — Е, ,*

где в = 2, 3, ... . Аналогично в серии Бальмера энергия фотона равна *Е — Е ,* где в — 3, 4, ... . Длина волнъі Х фотона связана с

его энергией равенством *hc Е ,* где *h —* постоянная Планка,

*с —* скорость света. Отсюда следует, что максимальная длина волны фотона отвечает его минимальной энергии, поэтому:

 = 5,4.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| max *в* | */ic/max* k, \_ й, — й | 1 ——  2' | 3/4 |
| max k, | *hc)max в Е Ez* | 1 1 | 5/36 |

### 2' 3'

*Ответ.’ ] ——* 5,4.

1. *Возможное решение.*

В электрическом поле электрон приобретает энергию

*Е ——ebU ——*15 000 эВ.

Начальная энергия фотоэлектронов *Е —— hc* — фg - 0,5 эВ.

Она много меньте *Е,* и ею можно пренебреиь. Энергия одного падаюідего фотона *Eq —— he* - 1,5 эВ.

На выбивание 1 электрона тратится: 10 йф - 15 эВ.

Следовательно, *N* 15000 В = 1000.

15 эВ

*Ответ. N ——* 1000.

*Возможное решение.*

### В электрическом поле электрон приобретает энергию Л = *ebU --* 15000 эВ.

Начальная энергия фотоэлектронов gЛ *hc g „* -- 0,5.B.

Она много меньше Л, и ею можно пренебречь. Число фотонов, выбиваемых электронами, пропорционально числу электронов и отношению энергии электрона к энергии фотона 6ф = *hc .*

*\_ ebUX п„* ; число падающих фотонов Пфф — R„. Отсюда:

ф 2 *hc*

П *U L*

ф *eb 2*

*N --* - 500.

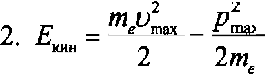
Пф *hck*

*Ответ: N --* 500.

1. *Вожожное решение.*
   1. Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта

*hv -— h —с ——фр + Ep ,* где *h —* постоянная Планка, с ско-

рость света в вакууме, Л„ — максимальная кинетическая энергия электронов.

, где *mc —* масса электрона, , — его

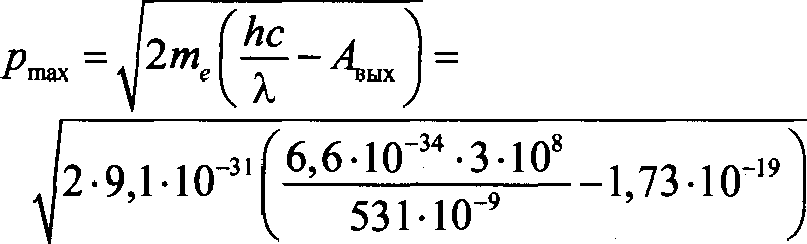
максимальная скорость.

3. Объединяя 1 и 2, получим:

= 2 9,1

l0 °'l

6,6- 10 ' 4 3 - 10'

531 10

—1,73 -10"’ -

- 6 - l 0‘2’ к-г

м/с.

*Ответ. ppp -= -6* 10 2’ к-г

м/с.

*Вожожное решение.*

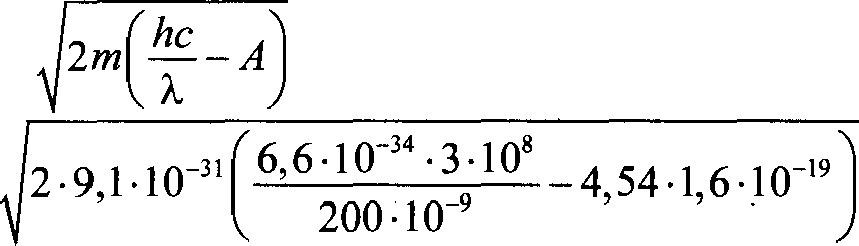
Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

*hc А+ л,.*

Выражение, связывающее импульс и кинетическую энергию электрона:

*р ——* 2mй, . (2)

Из уравнений (1) и (2) получаем выражение для максимально- го импульса фотоэлектронов:

*р ——* 2« *hc А ——*

= 2 9,1 10 "

6, 6 10"-4

3 10' — 4,54 1,-6 10 '9 -

- 6,9 10 2’ к-г

м/с.

20-0 10 9

*Ответ. р ==* 6,9 - l 0°' 5 к-г

1. *.Возможное решение.*

м/с.

Записано уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

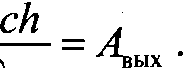
+m 2

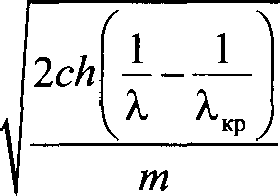


# 2

Записана формула, связывающая частоту и длину волны фо-

тона: L — ,

U

Выполнены математические преобразования, получен ответ в

2c/i 1 1

общем виде: u =

вет: u= 800 км/с.

*Ответ.* 800 км/с.

1. *Возможное решение.*

° и правильньІй числовой от-

m

Уравнение Эйнштейна для двух яастот:

*hv —— А + eU,*

2hv *= А +* 3eU.

Выражение для красной границы фотоэффекта:

*hc А .*



(2)

Из уравнений (1) и (2) следует, что *А -— hv*

### 2

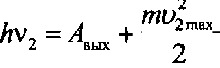
Для искомой длины волны Х = 2c

*Ответ. L ——* 8- 10°’ м = 800 им.

1. *Возможное решение.*

Уравнение Зйнштейна для фотоэффекта в первом опьпе:

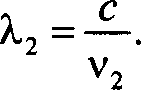
### 2

Уравнение Зйнштейна для фотоэффекта во втором опыте:

Связь длины волны света с частотой в первом опыте: Х, = U

\*i

Связь длины волны света с частотой во втором опыте:

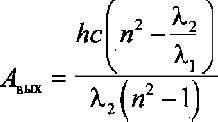


Отношение максимальных скоростей фотоэлектронов:

р \*lm

\*2m»

Решая систему уравнений (1H ), получаем:



*Ответ.’ А g ==* 3,0 - 10" 9 Дж > 1,9 эВ.



(2)



(4)



1. *Возможное решение* (рисунок не обязателен). Уравнение Зйнштейна для фотоэффекта:

*hc As ~~••’~~*

### К 2

Условие связи красной границы фотоэффекта и работы выхода:

*he -- А.* (2)

Выражение для запирающего напряжения — условие равенст- ва максимальной кинетической энергии электрона и измене- ния потенциалъной энергии электрона при его перемещении в

*z*

электростатическом поле:

*—— eU. *

# 2

Решая систему уравнений (1), (2) и (3), получаем ответ:

 *hcX* ——450 нм.

*hc — eUX*

*Ответ.’* 450 им.

1. *Возможное решение.*

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

*hc \_ А+ то 2*

# 2

Условие связи красной границы фотоэффекта и работы выхода:

*hc А.* 32)

Выражение для запирающего напряжения — условие равенст- ва максимальной кинетической энергии электрона и измене- ния его потенциальной энергии при перемещении в электро-

статическом поле: m = *eU.* (3)

2

Решая систему уравнений (1), (2) и (3), получаем ответ:

*hcXp* -- 300 им.

*he + eULp*

*Ответ. ==* 300 им.

1. *Возможное решение.*

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

*hc \_ А+ ти*

*2*

# 2

(l)

Условие связи красной границы фотоэффекта и работы выхода:

*hc \_ А* (2)

Выражение для запирающего напряжения — условие равенст- ва максимальной кинетической энергии электрона и измене- ния его потенциальной энергии при перемещении в электро- статиеском поле:

2

*— eU.*

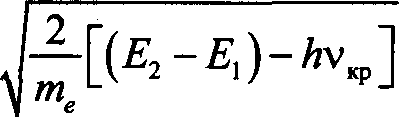
Решая систему уравнений(1), (2) и (3), получаем ответ:

*U hc(X - Х)* -1,4 В.

*Ответ. ==* 1,4 В.

*Возможное решение.*

Энергия фотона *hv -- Ee - Е, .*

Уравнение Зйнштейна для фотоэффекта: *hv -- hvg + *

Отсюда rq„ = [(Л и — £, ) — 6vp] -- 1,65 106 м/с.

*Ответ:* --1,65 ' 106 м/с.

#### *Вожожное решение.*

Энергия фотона: liv = *Ez — Е, .*

Уравнение Зйнштейна для фотоэффекта: *hv -- hvq + eU,p.*

Отсюда vp = *h[(Ez -£* ) — *eUp . Ответ. vq =-* 10" Гц.

#### *Вожожное решение.*

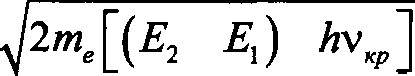
Энергия фотона *hv -- Ez -£* .

Уравнение Эйніитейна для фотоэффекта: *hv ——hvg +*

Отсюда: *pqp --*

*Ответ: pp --* 1,5- 10324 к-г

1. *Вожожное решение.*

м/с.

= 1,5- 10 24 кг • м/с.

Энергия фотона *hv -- E2 — Е,.*

Уравнение Эйніитейна для фотоэффекта: *hv -- hc + Е .*

Отсюда: *Е --* (Л2 — £,) — *hc*

*Ответ: Ep =-* 6,1 эВ.

- 9,7- 10°" Дж - 6,1 эВ.

1. *Возможное решение.*

При поглощении фотона атом приобретает импульс. Судя по условию задачи, этим импульсом можно пренебречь. Не учи- тывается и тепловое движение атомов. Следовательно, после ионизации атом тоже можно счйтать неподвижным.

Энергия поглощенного фотона, согласно закону сохранения энергии, Aф = *Ek - Е(,) ,* где *Е —* кинетическая эцергия элек-

трона, вылетевшего из атома, *Е* Aф = *hv ,* соответст-

венно, *hv ——*

*m\* z*

# 2

$106)2

*- Е ,) ,* и v =

*ти 2* £ (i)

2/i *h*

9,1 10"-'

(—13, 6) 1,6 10 19



-2 6,6 10 3‘ 6,-6 10" 4

\_ 9,1 10 19+ 43,52 10°'9 = 4 -10" (Гц) .

13,-2 10 ' 4

*Ответ.- v --* -4 10 (Гц).

1. *Возможное решение.*

Начальная скорость вылетевшего электрона u, = 0. Формула,

связывающая изменение кинетической энергии частицы с ра-

ботой силы со **стороны** электрического поля: *А —— >* z

*2*

Работа силы связана с напряженностью поля и пройденным путем:

*А —— FS -- eES.*

Отсюда *и 2* 2eES *\_*

*т*

*Ответ.’ и --* 3- 106 м/с.

*Возможное решение.*

Уравнение Зйнштейна для фотоэффекта:

*m\*z*

# 2

Фотоэлектроны, влетевшие в электрическое поле Л, будут тормозиться им и, пройдя тормозной путь *d,* остановятся, за- тем начнут двигаться обратно.

Закон сохранения энергии:



2

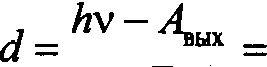
(2)

откуда :

2 ——e(9—s

v,) = *eU ——eEd,*

где *е —* модуль заряда электрона. Объединяя (1) и (2), имеем:

 6,6 l 0-'-4 6,-7 10'4 —1,89 1, 6 -10 '9 =8,7++.

*еЕ*

*Ответ.- d==* 8,7 мм.

32. *Возможное решение.*

1,-6 10‘- 100

Уравнение Зйнштейна для фотоэффекта:

*hv —- Е + А* или *hv ——* 2 + ,g, . Энергия ускоренных электронов:

2

*Е*е *+ ebU —— hv — А.р + её U.*

2

ÏÏO GЛОВИ *Е е* 2fiЙ.

Отсюда *Ар —— ebU — hv. Ответ: Ар ——* 2 эВ.

*Возможное решение.*

Согласно уравнению Зйнштейна для фотоэффекта энергия no- глощаемого фотона равна сумме работы выхода фотоэлектро- на из металла и максимальной кинетической энергии фото- электрона:

2

*hv —— А+ *

2

В электрическом поле на электрон действует сила, направле- ние которой противоположно направлению вектора напря- женности поля. Поэтому в нашем случае фотоэлектроны бу- дут ускоряться полем. В точке измерения их максимальная кинетическая энергия станет равной

*Eg -—* 2 *+ eU,* (2)

где *U —* разность потенциалов между поверхностью пластины и эквипотенциальной поверхностью на расстоянии *L —-* 10 см от нее.

Поскольку поле однородное и вектор *Е* перпендикулярен

пластине, то

*U —— EL. *

Решая систему уравнений (1), (2) и (3), находим: Jtv = *А + Eg— eEL.*

Отсюда:

*А --* Jtv — *Eg* + *еЕ£* ——6,6 10"’ 1,-6 10" —15,9 +130 -0,1 = 3,7 эВ.

1,-6 10" 9

*Ответ: А ——* 3,7 эВ.

34. *Вожожное решение.*

Согласно уравнению Зйнштейна для фотоэффекта энергия no- глощаемого фотона равна сумме работы вьтода фотоэлектро- ‘на из металла и максимальной кинетической энергии фото- электрона:

2

*hv —— А+*

### 2

(1)

В электрическом поле на электрон действует сила, направле- ние которой противоположно направлению вектора напря- женности поля. Поэтому в наюем случае фотоэлектроны бу- дут ускоряться полем. В точке измерения их максимальная кинетическая энергия

2

*Eg* + *eU,*

2

(2)

где *U —* разность потенциалов между поверхностью пластины и эквипотенциальной поверхностью на расстоянии £ = 10 см от нее.

Поскольку поле однородное и вектор *Е* перпендикулярен пластине, то

*U —— EL. *

Решая систему уравнений (1), (2) и (3), находим: iv = *А + Eg— eEL.*

Отсюда:

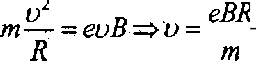
*Eg ——hv - А+ eEL --* 6 6 -10 " -1,6 -10" —3,7 +130 0,1 = 15,9 эВ.

1,-6 10°'9

*Ответ: Eg ——* 15,9 эВ.

*Возможное решение.*

Электрон в магнитном поле движется по окружности радиуса Л со скоростью u и центростремительным ускорением *а ——’—*

Ускорение вызывается силой Лоренца N = *euB* в соответствии со вторым законом Ньютона: *та ——F,* или

Для определения максимальной скорости движения электрона воспользуемся уравнением Зйнштейна для фотоэффекта:

*z*

*hv -- А+*

2

Подставляя в это уравнение скорость электрона, получим вы-

*\_ А (eBR)*

### ражение для частоты света v

*Ответ. v ==*-1 10 Гц .

*h+* 2m6

1. *Возможное решение.*

Согласно закону фотоэффекта *hv ——*

### 2

*he ти2* + ф„,. Сила Лоренца вызывает центростремительное

Х 2

ускорение:

*—- euB,* откуда скорость электрона н = *eRB*

m

Тогда из уравнения Зйнштейна для фотоэффекта:

*\_ hc е В R’ \_*

k 2m

—34

$1, 6. 10—19 .10—-3

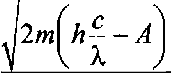
2 .10—з) 2

6,-6 10 3 10'

660 10 9 -2 9,1 10 3'

= 2, 44 10 19

*Ответ: фр ==* 2,4-4 10°'9 Дж.

2m

1. *Ответ. R —— eB*

*А*

= 4, 7 10 ' м.

1. *Ответ. В --*
2. *Ответ: В --*

2m *hv - А eR*

# 2

*m*

*eR*

= 1,6- 10°' Тл.

= 1,-1 10 ' Тл.

1. *Возможное решение.*

Уравнение Зйнштейна для фотоэффекта: *hv -- ф„ + Е ,* где

*Е —* максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов,

*gp he*

Фототок прекращается, когда *Е —— eU,* где *U —* напряжение между электродами, или напряжение на конденсаторе.

Заряд конденсатора g = *CU.*

В результате получаем:

 1,-6 10 '9 5,5 -10‘9

*L Ch* 45-0 10 9

*Ответ:* v ==10" Гц.

41. *Ответ.’ С ——* 4000 пФ.

400-0 10-" 6,-6 10‘3’

1. *Возможное решение.*
   1. Написана формула для давления света при его зеркальном отражении: *р ——* 2fГ
   2. Учтено, что свет отражается зеркально, записаны выраже-

* для силы давления: *F ——* 2” ,
* II-гo закона Ньютона: Ј= *та.*
  1. Выполнены математические преобразования и получен от-

вет в общем виде: S = 2Ъ равильный числовой ответ:

S = 5,5- 10b z

*Ответ.* 5,5- 104 м'.

### Ответ: m = 2” , m — 91 кг.

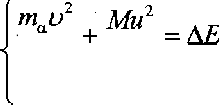


1. *Возможное решение.*

Законы сохранения энергии и импульса для п-распада ядра

покоящегося нейтрального атома:

2 2

m,т + = 0.

Уравнение движения п-частицы в магнитном поле:

*‘*

*г* 2 *eoB .*

Решая систему трех уравнений, получаем:

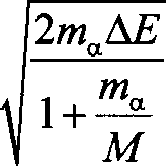
*(2eBr)’* + m

2m, *М*

, откуда *В --* 1

2ег

### + mq

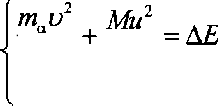
*М*

1. *Возможное решение.*

Законы сохранения энергии и импульса для п-распада ядра

покоящегося нейтрального атома:

2 2

m,т + = 0.

Уравнение движения тяжелого иона с зарядом q = —2e в маг- нитном поле:

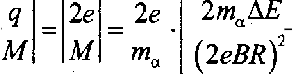
*Ми’ --* 2)eпB).

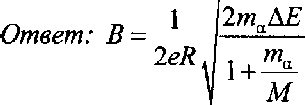
Решая систему трех уравнений, получаем:

*\_ (2eBR)* + m,



2+, *М*

откуда —1

1. 
2. *Возможное решение.*

За время At в препарате вьщеляется количество теплоты

*Q —— А - Е- it,* где

*А —* активность препарата, *Е —* энергия п-частицы, At — время.

Изменение температуры контейнера определяется равенством

*Q ——-с т- bT,* где с — удельная теплоемкость меди, m — мас-

са контейнера, *bT —* изменение температуры контейнера. Выделивтееся количество теплоты идет на нагревание кон-

тейнера. Отсюда At = 

*Ответ.’* == 23 мин.

1. *Возможное решение.*

За время At в препарате вкделяется количество теплоты

*Q — А*- *Е*- At, где

*А —* активность препарата, *Е —* энергия п-частицы, At

### время.

Изменение температуры контейнера определяется равенством *Q —— с - т- bT,* где с — удельная теплоемкость меди, m — мас- са контейнера, *IT —* изменение температуры контейнера.

Выделивтееся количество теплоты идет на нагревание кон- тейнера. Отсюда *А —- cmbT* . *А* = 1,7- 10"'с

*Ответ: ==* 1,7 - 10 ' с°

1. *Возможное решение.*

Если при столкновении с атомом электрон приобрел энергию, то атом перевіел в состояние 3 0'. Следовательно, после столк- новения кинетическая энергия электрона стала равной *Е ——*Ло 3,5 эВ, где Ли — энергия электрона до столкновения; отсюда: Ли *Е —* 3,5 эВ. Импульс *р* электрона связан с его ки-

нетической энергией соотновіением *p2 ——m2 g2 2тЕ , млн*

*2*

*Е —— "*

2m

*,* где m — масса электрона.

*2*

Следовательно *Е -—*

— 3 5 эВ =

*2m*

1, 4-4 10“' — 3,5 - 1,6 - 10‘ 19р 2,3- 10°" (Дж).

-2 9,1 10 3

Ответ.’ 2,-3

10 ' 9 Дж.

*Возможное решение.*

Если при столкновении с атомом электрон приобрел энергию, то атом перешел в состояние N '. Следовательно, после столк- новения кинетическая энергия электрона стала

*Е ——* 1,5 эВ + 3,5 эВ = 5 эВ - 8- 10°'9 Дж.

Импульс *р* электрона связан с его кинетической энергией co- отношением

*p2 -- m2 2 —-* 2mЛ , или *р --* 2mЛ , где m — масса электрона. Поэтому

*р ——* 2 - 9,1- -8 -10 - 1, 2 -10‘24 к-г

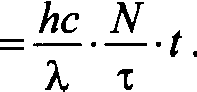
м/с).

*Ответ:* 1,2 • 10°' 4 к-г

1. *Вожожное решение.*

м/с.

Выражение для энерши фотона: Ли= *he*

Энергия всех фотонов, излучаемых за время I: *Е * Количество теплоты, необходимое нагревания воды: *Q* = c„mAI .

Закон сохранения энергии: *Е -- Q М *

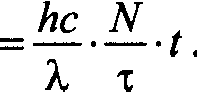
### Выражение для массы воды: m = *h N*



1. *Возможное решение.*

Выражение для энерши фотона: € = *he*

= c„mAI .

Энергия всех фотонов, излучаемых за время I: *Е * Количество теплоты, необходимое для нагревания воды: *Q=* c„mAI .

Закон сохранения энергии: *Е ——Q=> —h ‘N- t -— с mbt .*

Выраженне для длины волны: k = *hcNt*

*с mbtx*

*Ответ.* k ——3,-3 10-7 м.

*Возможное решение.*

Согласно закону сохранения импульса, фотоны от распада no- коящегося п0-мезона разлетаются в противоположные сторо- ны с равными по величине импульсами: *р, -- р -— р .* Энер-

### гия каждого фотона связана с величиной его импульса соотношением *Е ——pc.*

Согласно релятивистскому закону сохранения энергии, в pac- паде mc' — 2рс.

Следовательно, фЈ = mc/2.

*Ответ:*

mc = 3,-6 10‘20 к-г

м/с.

54. *Возможное решение.*

Пион, движущийся со скоростью Г, имеет импульс *р -— mV* и энергиюр mc - mc2 г дe m — масса пиона.

c 2

Энергия у-кванта *Е* и его импульс *p7* связаны соотношением

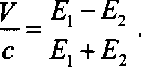
*\_ Е*

с

При распаде пиона на два кванта энергия системы и ее им- пульс сохраняются:

mc2 = £ і + ‘2 . m U = — *EE*

с с

Разделив второе уравнение на первое, получим:  По условию задачи £ = 1,1- £ , так что Г = - 1,43 -107 м/с .

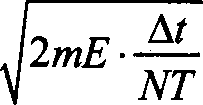
21

*Ответ: V --* 1,43 -10’ м/с .

*Возможное решение.*

За время At = 1 с в образце вьцlеляется энергия: Af = *Е-*

Энергия одной п-частицы: *Е*1 — 2m — *N*

Импульс п-частицы: *р --* 2m£, - 23£ Nr

Ответ. *р --* 1,0 - 10°" к-г м/с.

*Возможное решение.*

*z*

Энергия одной ‹х-частицы: *Ei*

За время Af — 1 с в образце выделяется энергия:

*z*

*bE —- NE -- N •*

За время *Т -—* l 'i выделяется энергия:

*2*

*Е Т . Т , N ти*

*Ответ.- Е ==* 100 Дж.

57. *Ответ: и ——* 1,5 • 107 м/с.

58. *Вожожное решение.*

### За время А/ в препарате выделяется количество теплоты

*Q —- А- Е- bt,* где

*А —* активность препарата, *Е —* энергия ‹х-частицы, *bt*

время.

Изменение температуры контейнера определяется равенством

*Q -— -с т • bT,* где с — удельная теплоемкость меди, *т —* мас-

са контейнера, *bT —* изменение температуры контейнера.

### Выделившееся количество теплоты идет на нагревание кон-

тейнера. Отсюда *bT -— AEbt* - 2,7 К.

*cm*

*Ответ.-* == 2,7 К.

*Возможное решение.*

За время di в препарате вьlделяется количество теплоты

*Q —— А- Е- bt,* где

*А —* активность препарата, *Е —* энергия ‹х-частицы. Изменение температуры контейнера определяется равенством *Q —— с • т- bT,* где с — удельная теплоемкость металла, *т* масса контейнера, *bT —* изменение температуры контейнера. Выделившееся количество теплоты идет на нагревание кон-

тейнера. Отсюда с = *AEi!s' с ==* 400

#### *bTm*

*Ответ. с ==* 400 Дж/(к-г К).

60. *Возможное решение.*

Выражение для давления света

(Формула (1) следует из: f = *др/bt н Р -- F / S)*

Формулы для изменения импульса фотона при отражении и поглощении лучей *дрю =* 2 *р, др„„ -- р ,’* число отраженных

*N ——*0,4d и поглощенных *N„„ --* 0,6N фотонов.

Тогда выражение (l) принимает вид *Р —*

Для импульса фотона *р —— h*

*q4N s*

’Выражение для длины волны излучения Х =

*Ответ.‘ Х ——* 1,4 -5 10"- 6,-6 10 3’

1,-5 10" 0, 7 -10“ -8 10“

61. *Ответ. Р ——* 1,5- 1035 Па.

62. *Вожожное решение.*

= 5,5 10 м.

Активность всего объема крови пациента по прошествии вре-

мени i равна *а(I)*——*a,2* '

Активность образца крови в момент времени t: п = *a(t)*

Отсюда Г = *a* 2\*

*at*

*Ответ. V --* 1 см'.

*Ответ. V ——*6 л.

64. *Вожожное решение.*

Модуль силы, действующей со стороны электрического поля

*Е* на электрон, не зависит от скорости:

*F - е Е,* (l)

а модуль силы Лоренца пропорционален скорости электрона:

л ' *е иВ.* (2)

Для того чтобы электроны отклонялись в положительном на- правлении оси *ОУ,* должно быть

f, > f, или *с›В* > *Е. *

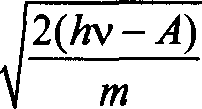
Уравнение Зйнштейна для фотоэффекта:

*hv = А+* ти'

### 2

Из (1)--(4), получаем: *Е < В*

2(Jw — Л

'

=- 300 В/м.

(4)

m

*Ответ.’ Е <* 300 В/м.

*Возможное решение.*

Модуль силы, действующей на электрон со стороны электри-

ческого поля *Е ,* не зависит от скорости:

f, = *е*- *Е,* (1)

### а модуль силы Лоренца прямо пропорционален скорости элек-

трона:

*F е- oB. (2)*

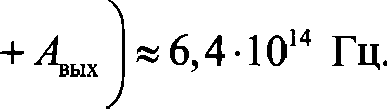
Для того чтобы электроны отклонялись в сторону, противопо- ложную оси *ОУ,* должно быть

### f, > f, или й > *tiB.* (3)

Уравнение Зйнштейна для фотоэффекта определяет макси-

### мальную скорость фотоэлектрона:



Из (1)--(4), получаем: iv < 1 *тЕ’*

*h* 2В 2

*Ответ. v <* 6,4- 10' 4 Гц.

1. *Возможное решение.*

Коэффициент полезного действия электростанции тЈ =

(4)

, где

Ли — энергия, вырабатываемая электростанцией, *E2 —* энер- гия, вьщеляющаяся в результате ядерных реакций деления урана. В свою очередь, *Е, ——Pt,* где *Р —* мощность электро- станции, I — время ее работы, а *E2 —- NE ,* где й — энергия, выделяющаяся в результате деления одного ядра урана, *N —*

количество распавшихся ядер урана. Молярная масса урана-235 равна ) = 0,235 кг/моль, следовательно, число pac- павшихся атомов можно связать с массой урана соотношени-

ем: *N —— N .* В итоге получаем:

*Pty \_* 38 10-6



7 24 - 360-0

0, 235 - 0,2 = 20%.

*mNqE* 1, 4 -6 1023 200 1,-6 10 13

*Ответ.* т) = 20%

1. *Ответ.* m - 1,4 кг.
2. *Возможное решение.*
   1. В герметично закрытом контейнере первоначально находят- ся полоний и атмосферный воздух. В процессе радиоактивно- го распада полония в контейнере будут образовываться атомы свинца и гелия, в результате чего искомое давление в контей- нере будет складываться из парциальных давлений воздуха *р*

# и гелия т.е. *р* —— i'. + i'

* 1. Парциальное давление гелия можно определить с помощью уравнения Клапейрона—Менделеева: *p,V -- — RT ,* где U —

объем контейнера; *Tp —* абсолютная температура в нем; m, и

р — соответственно масса и молярная масса гелия.

* 1. К определенному моменту времени I число атомов гелия

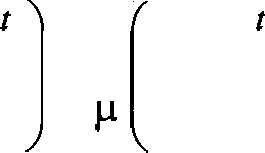
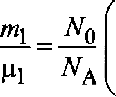
*N,* равно числу распавшихся атомов полония и может быть определено с помощью закона радиоактивного распада:

N = N — N *п* N ——t o 2° , где *Np —- N —* начальное чис-

ло атомов полония; m и ц — соответственно начальная масса полония и его молярная масса (0,210 кг/моль); *N —* остав- шееся к моменту времени *t* число атомов полония; *Т —* пе- риод полураспада полония.

* 1. Число молей полуяившегося в результате распада гелия

равно числу молей распавшегося полония: = — = *N,* , ,сле-

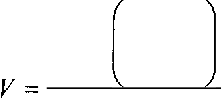
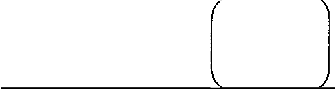
ii 0 *N*

довательно,

1 — 2 *Т -— —*m

l — 2 *Т*

В результате математических преобразований получаем:

t \_ 7 5

*mRTo* 1 — 2 *Т* 1,5 103-3

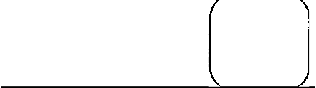
8,3 31-8

1 — 2 140

*(Р Po)V*

(1,-4 105 —10 5-)

0, 21

1,-5

10‘-3

8,3- 31-8

1 — 2 4

=

(1,-4 105 - 105-) 0, 21

- 75 1036 м’ = 75 см'.

*Ответ.- V -=* 75 смЗ.

1. *Возможное решение.*
   1. В герметично закрытом контейнере первоначально находят- ся полоний и атмосферный воздух. В процессе радиоактивно- го распада полония в контейнере будут образовываться атомы свинца и гелия, в результате чего искомое давление в контей- нере будет складьвзаться из парциальных давлений воздуха *р* и гелия *р„* т.е. *р —- + i-'*
   2. Парциальное давление гелия можно определить с помощью

уравнения Клапейрона—Менделеева: *рэ й* =

0

ЛГ , где U —

объем контейнера; *T —* абсолютная температура в нем; *mc* и

ц — соответственно масса и молярная масса гелия.

* 1. К определенному моменту времени *t* число атомов гелия *N,* равно числу распавтихся атомов полония и может быть определено с помощью закона радиоактивного распада:

N, —— N — N и *N —— N-0*

2 *Т ,* где *N —— т* — начальное чис-

ло атомов полония; *т* и ц — соответственно начальная масса полония и его молярная масса (0,210 кг/моль); *N —* остав- meecя к моменту времени *t* число атомов полония; *Т —* пе- риод полураспада полония.

* 1. Число молей получивтегося в результате распада гелия

равно числу молей распавтегося полония: *—' -— !!! —— N*

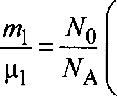
*'*

*;* сле-



довательно,

*\_ t \_ t*

1 — 2 *Т ——!!!* l — 2 *Т*

В результате математипеских преобразований (в решении они должны быть представлены) получаем:

.

\_ *(р — р,)Vц* \_ (1,3 -10’ — 10 ) 80 10“ 0, 21 \_

7.5

*RT$* 1 — 2 *Т* 8,3- 318.- 1 — 2 140

(1,-3 10’ —10 )- 80 10“ 0, 21 - 1, 2 10‘3 кг - 1, 2 г.

8,3 - 318 - 1 — 2 

*Ответ. т -* 1,2 г.