

Тема урока:

Решение задач по теме: «Фотозлектрический эффект. Уравнение Эйнштейна».

Тип урока: урок совершенствования знаний, формирование практических умений и навыков.

Форма проведения урока: урок решения задач.

Цели:

образовательные: обеспечить закрепление и углубление понятий световые кванты, фотоэффект; обеспечить формирование умений применять понятия и формулы, описывающие квантовые свойства света на практике;

развивающие: создание условий для развития аналитического мышления, самоанализа, развитие памяти, внимания, речи;

воспитательные:

Воспитывать внимание, чувство ответственности, дисциплинированность, прививать интерес к предмету;

Методы обучения:

Репродуктивные методы.

Практические методы.

ТСО: доска, мел.

Ведущие идеи урока:

Фотоэффектом (фотоэлектрическим эффектом) называется явление взаимодействия электромагнитного излучения с веществом, в результате которого энергия излучения передается электронам вещества.

Законы внешнего фотоэффекта:

Фототок насыщения (I_n) — максимальное число фотоэлектронов, вырываемых из катода за единицу времени, — прямо пропорционален интенсивности падающего излучения (первый закон фотоэффекта).

Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов не зависит от интенсивности падающего излучения I и линейно возрастает с увеличением частоты падающего излучения (второй закон фотоэффекта).

Для каждого вещества существует граничная частота ν_{\min} такая, что излучение меньшей частоты не вызывает фотоэффекта, какой бы ни была интенсивность падающего излучения (третий закон фотоэффекта).

Порция светового излучения — квант света — обладает корпускулярными свойствами и может рассматриваться как элементарная частица, называемая **фотоном**.

Свойства фотона:

1. Не имеет состояния покоя.
2. Безмассовая частица ($m = 0$).
3. Электрически нейтрален ($q = 0$).
4. Скорость его движения равна скорости света ($V = c$) во всех ИСО.
5. Энергия фотона пропорциональна частоте соответствующего

$$E = h \nu$$

электромагнитного излучения ().

6. Модуль импульса фотона равен отношению его энергии к скорости (

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h \nu}{c} = \frac{h}{\lambda} \text{).}$$

Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта является следствием закона изменения энергии в этом процессе:

$$h \nu = A_{\text{вых}} + \frac{m v^2}{2}$$

Условие для красной границы фотоэффекта:

$$\nu_{\text{min}} = \frac{A_{\text{вых}}}{h}$$

Структура урока:

1. Организационный этап. (2 мин)
2. Актуализация опорных знаний.(10 мин)
3. Усвоение материала. (20 мин)
4. Закрепление материала.(10 мин)
5. Домашнее задание учеников. (3 мин)

1. **Организационный этап**

Здравствуйте, садитесь. Открываем тетради, записываем число и тему урока.

2. **Актуализация опорных знаний**

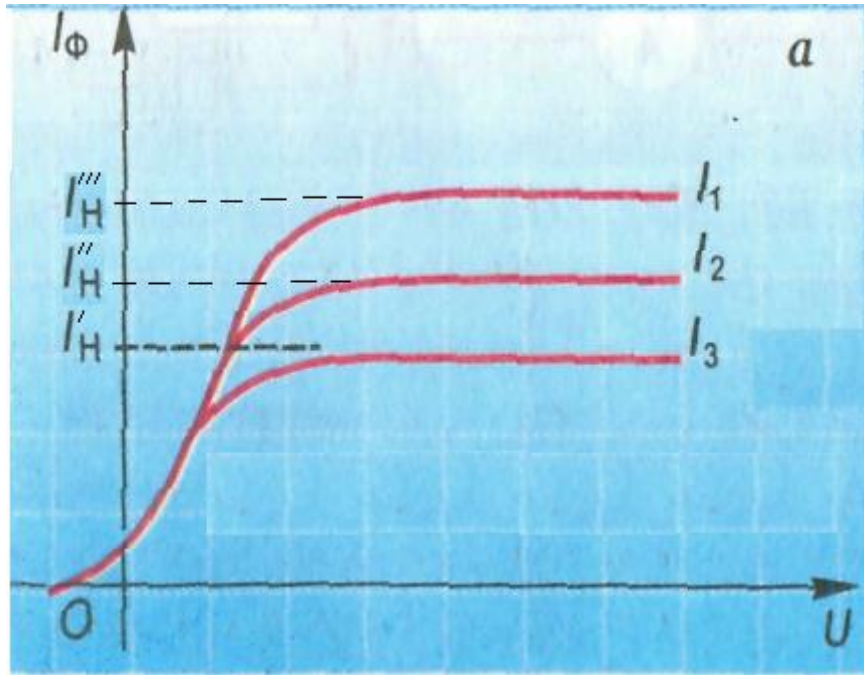
Для актуализации знаний провожу самостоятельную работу по ранее изученному материалу. Цель которой - проверка качества усвоения учащимися ранее пройденного материала.

Вариант 1

1. Дать определение фотоэффекта.

2. Сформулировать первый закон фотоэффекта.

3.



Записать формулу Планка.

4.

На рисунке представлены вольт-амперные характеристики внешнего фотоэффекта при различных интенсивностях падающего

излучения. Указать наибольшую интенсивность падающего излучения, если $I_H' > I_H'' > I_H'''$.

5.

Энергия фотона 2 эВ. Определите длину волны фотона.

6.

Имеются два фотона с различными импульсами. Известно, что импульс первого фотона больше импульса второго в 1,5 раза. Определите длину волны первого фотона, если длина волны второго $\lambda = 300$ нм.

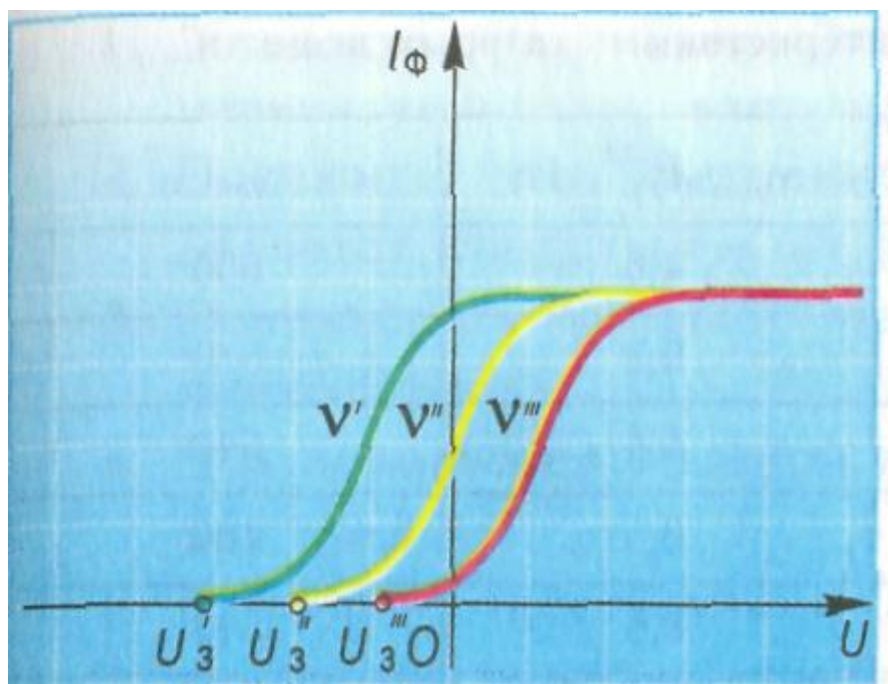
7.

Если h — постоянная Планка, c — скорость света в вакууме и источник света испускает за 1 с N фотонов с частотой ν .
Определить энергию, излучаемую источником света за 1 с.

Вариант 2

Дать определение внешнего фотоэффекта.

2. Сформулировать второй закон фотоэффекта.
3. Записать уравнение Эйнштейна.



4.

На рисунке представлены вольт-амперные

характеристики внешнего фотоэффекта при различных частотах

падающего излучения ($\nu' > \nu'' > \nu'''$). Указать частоту падающего излучения, при которой кинетическая энергия электронов максимальная.

6.

Имеются два фотона с различными энергиями. Известно, что энергия первого фотона меньше энергии второго фотона в 2 раза. Определите длину волны первого фотона, если длина волны второго фотона 300 нм.

7.

Чему равна длина волны красной границы фотоэффекта для железа, если работа выхода железа равна 4,4 эВ?

7.

Длительность лазерного импульса t . В импульсе испускаются N фотонов с длиной волны λ . Постоянная Планка h . Определить среднюю мощность излучения лазера.

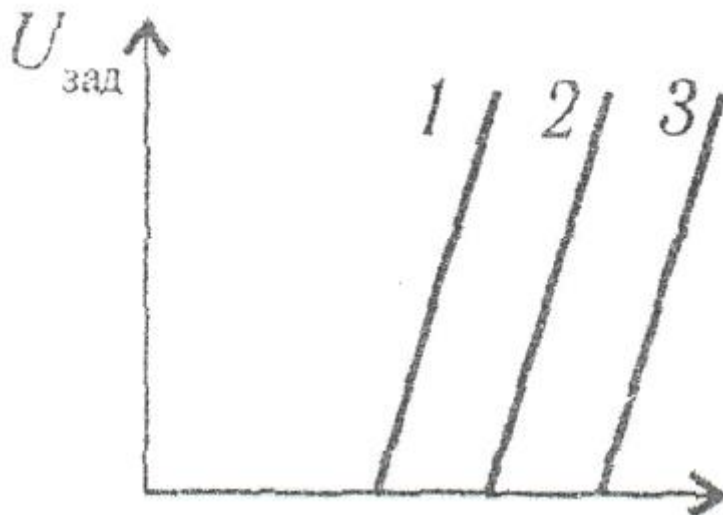
Вариант 3

1. Дать определение внутреннего фотоэффекта.

2. Сформулировать третий закон фотоэффекта.

3. Записать формулу, определяющую импульс фотона.

4.



На рисунке представлены зависимости задерживающей разности потенциалов от частоты падающего света для трех различных фотокатодов. Наименьшая работа выхода у металла:

5.

Определить красную границу фотоэффекта для цинка, если работа выхода 3,7 эВ.

6.

Длина волны фотона λ . Определить энергию и массу фотона, если h — постоянная Планка, c — скорость света в вакууме.

7.

Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов в 2 раза меньше работы выхода электронов из материала катода А. Определить импульс фотонов, вызывающих фотоэффект в этом случае.

Решение задач самостоятельной работы.

Вариант 1

1.

Фотоэффектом (фотоэлектрическим эффектом) называется явление взаимодействия электромагнитного излучения с веществом, в результате которого энергия излучения передается электронам вещества.

2.

Фототок насыщения (I_n) — максимальное число фотоэлектронов, вырываемых из катода за единицу времени, — прямо пропорционален интенсивности падающего излучения.

3.

$$E = h\nu$$

Г'

5.

Дано

Для решения задачи используем формулу Планка:

$$E = 2\varepsilon B =$$

$$= 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$E = h\nu$$

Используем известное соотношение, связывающие длину волны и частоту падающего излучения:

$$\lambda$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

Для решения задачи все необходимые величины известны. Конечная формула имеет вид:

$$\lambda = \frac{hc}{E}$$

$$\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,2 \cdot 10^{-19}} = 621 \text{ нм}$$

Ответ: $\lambda =$ 621 нм

6.

Дано

Для решения задачи используем формулу связывающую энергию и импульс фотона:

$$p_1$$

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{hc}{\lambda c} = \frac{h}{\lambda}$$

$$p_2$$

Тогда импульс первого и второго фотонов соответственно:

$$p_1 = \frac{h}{\lambda_1}$$

$$p_1 = 1,5 p_2$$

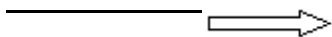
$$p_2 = \frac{h}{\lambda_2}$$

$$\lambda_2 = 3$$

$$300 \cdot 10$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \dots$$

$$p_2$$



?

-

1,5 *p*

*p*₂

Конечная формула имеет вид:

*2*₁

=

Для решения задачи все необходимые величины известны.

$$\lambda_1 = \frac{300}{}$$

Ответ:

21

=

200 нм

7.

Дано

E

Общая энергия излучения
равна работе электрического

A

тока

в источнике, мощность

P

которого

:

E

=

t

Работа

A

тока

связана с

P

МОЩНОСТЬЮ
СООТНОШЕНИЕМ

ИЗВЕСТНЫМ

N

P =

,
поэтому

P =

’
где

E =

h

E_0

—

одного фотона, которую определим согласно формуле Планка:

C

*E*₀

=

v

———— Конечная формула имеет вид:

E

?

-

E

=

Ответ:

E

=

Вариант 2

1.

Если фотоэффект сопровождается вылетом электронов с поверхности вещества, то его называют внешним фотоэффектом.

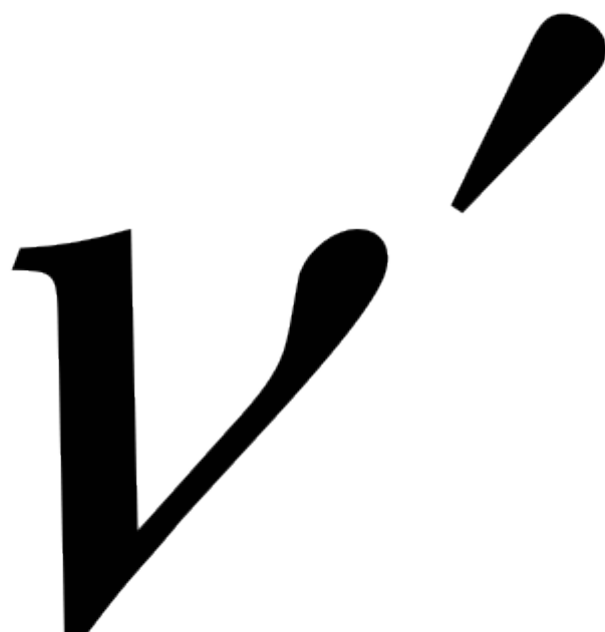
2.

Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов не зависит от интенсивности падающего излучения I и линейно возрастает с увеличением частоты падающего излучения.

3.

$$h\nu =$$

4.



5.

Дано

$$E_1$$

используем формулу Планка:

Для решения задачи

*E*₂

E =

$$E_2 =$$

Используем известное соотношение, связывающие длину волны и частоту

$$\lambda_2 =$$

$$= 300$$

падающего излучения:

л

v

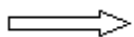
=

Тогда имеем:

*E*₁ =

*E*₂ =

Используя соотношение данное в условии задачи, получим:



$$\frac{hc}{\lambda_2} =$$

Для решения задачи все необходимые величины известны. Конечная формула имеет вид:

$$\lambda_1 =$$

$$\lambda_1 = 2 \cdot 3$$

Ответ:

$$\lambda_1 =$$

600 нм

6.

Дано

Для решения задачи используем формулу третьего закона фотоэффекта:

$A = 4$

$= 7,04$

A
выл

2

?

-

λ =

Для решения задачи все необходимые величины известны.

$$\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{7,0 \cdot 10^{-10}}$$

Ответ:

$$\lambda =$$

282 нм

7.

Дано

E

Общая энергия излучения
равна работе электрического

A

тока

в источнике, мощность

P

которого

:

E

=

t

Работа

A

тока

связана с

P

МОЩНОСТЬЮ
СООТНОШЕНИЕМ

ИЗВЕСТНЫМ

N

P =

,
поэтому

P =

h

c

число фотонов, поэтому общая

Любое излучение всегда содержит целое

л

энергия

E

излучения

за

t

время

равна произведению энергии одного

E 0

N

количества
излучении

В ЭТОМ

E =

P

?

-

E_0

—

одного фотона, которую определим согласно формуле Планка:

$$E_0 =$$

Конечная формула имеет вид:

P =

Ответ:

P =

Вариант 3

1. Если фотоэффект не сопровождается вылетом электронов с поверхности вещества, то его называют внутренним фотоэффектом.
2. Для каждого вещества существует граничная частота

ν_{\min}

такая, что излучение меньшей частоты не вызывает фотоэффекта, какой бы ни была интенсивность падающего излучения

3.

$$p = \frac{E}{c}$$

4.
1

5.

Дано

Для решения задачи используем формулу третьего закона фотоэффекта:

$$A = 3$$

$$= 5,92$$

A
выл

2

?

-

λ =

Для решения задачи все необходимые величины известны.

$$\lambda = \frac{6,62 \cdot 1}{5,9}$$

Ответ:

$\lambda =$

335 нм

6.

Дано



Для решения задачи используем формулу Планка, которая определяет энергию фотона:

E =

$$E =$$

Для нахождения импульса фотона воспользуемся следующим

p

—

преобразованием:

$$p = \frac{E}{c}$$

Ответ:

E =

p =

.

7.

Дано

*E*_{*K*}

=

Для решения задачи используем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

А
вых

$$h\nu =$$

p

—

Перепишем его в виде:

E ϕ

=

,

E_ϕ

где
энергия фотона;

-

E_K

кинетическая энергия выбитого фотоном электрона.

Используя соотношение данное по условию задачи получим:

$$E_{\phi} =$$

$$2E_{\phi} =$$

E *φ*

=

Используем формулу определяющую импульс фотона, окончательно имеем:

$$p = \frac{E}{c}$$

Ответ:

E =

3.

Усвоение материала

Для усвоения теоретических знаний и формирования умений применять полученные знания на практике решаем задачи.

Задача №1

Два источника с одинаковой мощностью испускают за одно и то же время разное

количество фотонов N_1 и N_2 . Во сколько раз различаются их длины световых волн?

Задача №2

Источник света мощностью $P=100$ Вт испускает $N=5 \cdot 10^{20}$ фотонов

t

за

=1 с. Найти длину



волны излучения
Задача №3

Красная граница фотоэффекта для
металла

$$\lambda_0 = 0$$

. Найти величину запирающего

напряжения

$U_{\text{зап}}$

для фотоэлектронов при освещении металла с длиной волны

$\lambda =$

А.
Задача №4

h

Определить постоянную Планка _____, если
известно, что фотоэлектроны, вырывающиеся светом с поверхности некоторого

металла, полностью задерживаются запирающим напряжением

$U_{\text{зап}}$

=0,5 В. если частота колебаний в световой волне

$$V_1 = 0$$

, а когда частота
колебаний

$$V_2 = 0$$

, то запирающее напряжение становится
равным

U

зан

.=2В.

Решения задач

Задача №1

Решение

Дано Общая энергия

E

излучения

равна работе

A

электрического тока
источнике, мощность

В

P

которого

:

*P*₁

=

E =

N_1

Работа

A

тока

связана с

P

МОЩНОСТЬЮ
СООТНОШЕНИЕМ

ИЗВЕСТНЫМ

*N*₂

P =

,
поэтому

P =

$$t_1 =$$

Любое излучение всегда содержит целое число фотонов, поэтому общая

1

2

E

энергия излучения

за

t

время

равна произведению энергии одного

*E*0

кванта

и их

N

количества
излучении

В ЭТОМ

E =

E_0

—

одного фотона, которую определим согласно формуле Планка:

$$E_0 =$$

Конечная формула имеет вид:

P =

Тогда для первого и второго источника соответственно имеем:

*P*₁

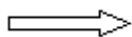
=

*P*₂ =

Используя условие задачи, в которой говорится об одинаковой мощности источников, имеем:

*P*₁

=



*N*₁*h**c*

*λ*₁*t*

$$\frac{r_1}{\quad} =$$

$$r_2$$

Ответ:

$$\frac{r_1}{\quad} =$$

$$r_2$$

Задача №2

Решение

Дано Общая энергия

E

излучения

равна работе

A

электрического тока
источнике, мощность

B

P

которого

:

P

=

E =

N

=

A

Работа тока

связана с

P

МОЩНОСТЬЮ
СООТНОШЕНИЕМ

ИЗВЕСТНЫМ

t

=

P =

,
поэтому

P =



-? Любое излучение всегда
содержит целое число фотонов, поэтому общая

E

энергия излучения

за

t

время

равна произведению энергии одного

E 0

кванта

и их

N

количества
излучении

В ЭТОМ

E =

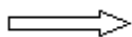
E_0

—

одного фотона, которую определим согласно формуле Планка:

$$E_0 =$$

Тогда формула для мощности источника имеет вид:



P =

Тогда длина волны излучения определяется формулой:

λ =

$$\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{h \cdot \nu}$$

Ответ:

$$\lambda =$$

990нм

Задача №3

Решение

Дано Для решения задачи будем использовать уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$\lambda = 3$

$= 3, 3$

$$h\nu =$$

$$\lambda_0 =$$

$$e = 1,$$

A

Работа электрического поля
по перемещению электрона между точками поля с

U

разностью потенциалов
определяется разностью кинетических энергий

электрона в конечной E_{κ} и начальной $E_{\kappa 0}$ точках перемещения:

U

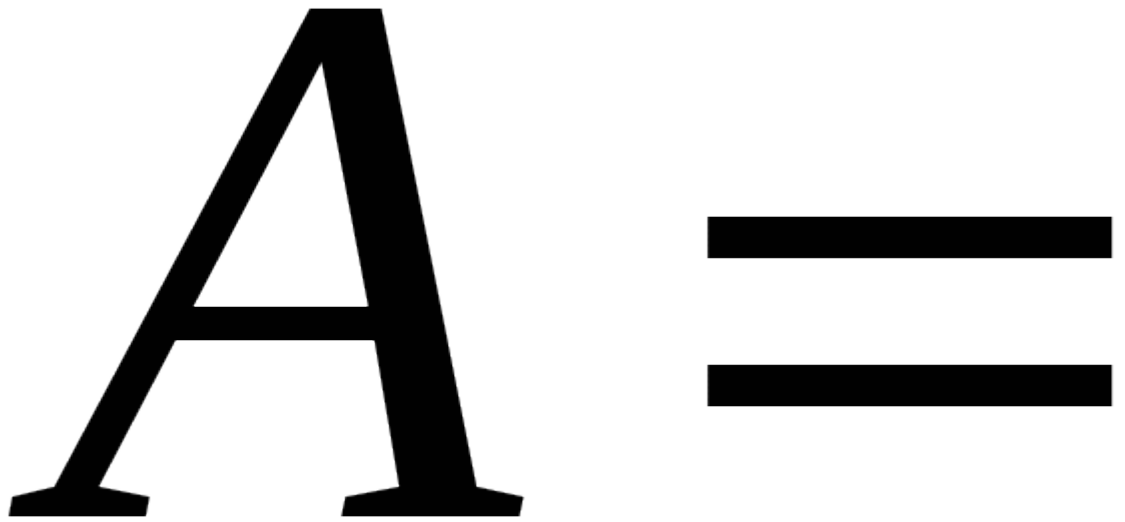
3an

A

=

,

где



Поскольку

v_0

$=$

,
TO

*E*_{*K*0}

и

$$E_k = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} \frac{d}{dt} \right)$$

Тогда уравнение Эйнштейна можно записать так:

$$h\nu = \dots$$

Работу выхода

A
вых

можно определить, если известна красная граница

λ_0

фотоэффекта

, т. е.

длина световой волны, при которой у данного

металла наступает фотоэффект. При этой длине волны энергия

фотона равна работе выхода электрона из металла:

A
выл

Подставляя полученные выражения в уравнение Эйнштейна получим:

$$\frac{hc}{\lambda} =$$

$$eU_{\text{зап}} =$$

Тогда конечная формула имеет вид:

U *3an* =

$$U_{zan} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{1,6 \cdot 10^{-19}}$$

Ответ:

U

3an

1,76

Задача №4

Решение

Дано Для решения задачи будем использовать уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$v_1 = 0$$

$$v_2 = 0$$

$$h\nu =$$

U

3an



Работа электрического поля
по перемещению электрона между точками поля с

U

3an

U

разностью потенциалов
определяется разностью кинетических энергий

электрона в конечной E_{κ} и начальной $E_{\kappa 0}$ точках перемещения:

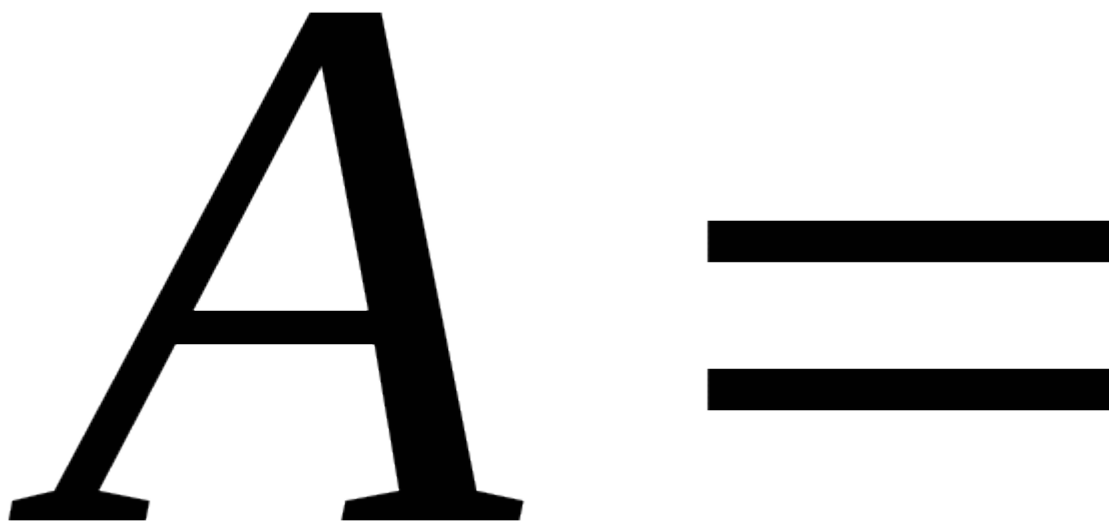
h — *h*

A

=

,

где



Поскольку

v_0

$=$

,
TO

*E*_{*K*0}

и

$$E_k = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} \frac{d}{dt} \right)$$

Тогда уравнение Эйнштейна можно записать так:

$$h\nu = \dots$$

Запишем это уравнение для первого и второго случаев:

$$\begin{cases} h\nu_1 = \\ h\nu_2 = \end{cases}$$

Отнимем от второго уравнения первое, неизвестная нам величина – работа выхода электронов из металла, сократится:

$$h(\nu_2 - \nu_1) = A_{\text{вых}} + eU_{\text{зан2}} - A_{\text{вых}} - eU_{\text{зан1}}$$

$$h(\nu_2 - \nu_1) = e(U_{\text{зан}2} - U_{\text{зан}1})$$

Конечная формула имеет вид:

$$h = \frac{e(h\nu_2 - h\nu_1)}{h\nu_2 - h\nu_1}$$

$$h = \frac{1,6 \cdot 10^{-19}}{0,75 \cdot 10^{15}}$$

Ответ:

$$h = 6,6$$