

6.7.Измерение радиоактивности.

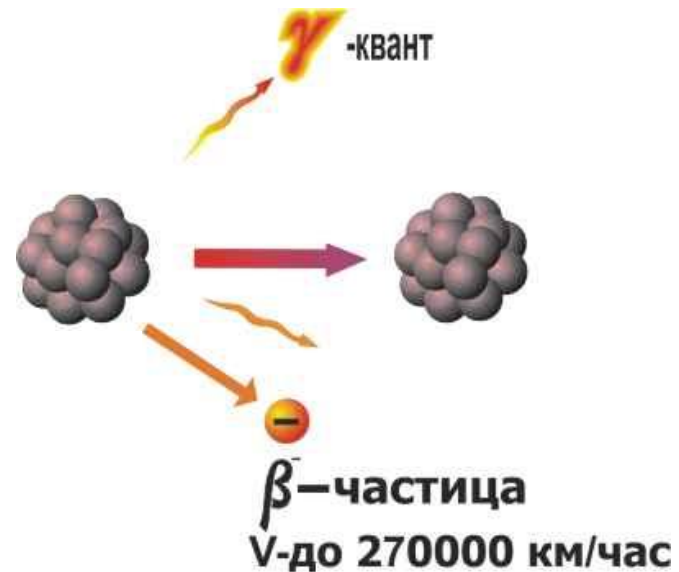
Единицы измерения радиоактивности.

1. Собственно радиоактивность (А).

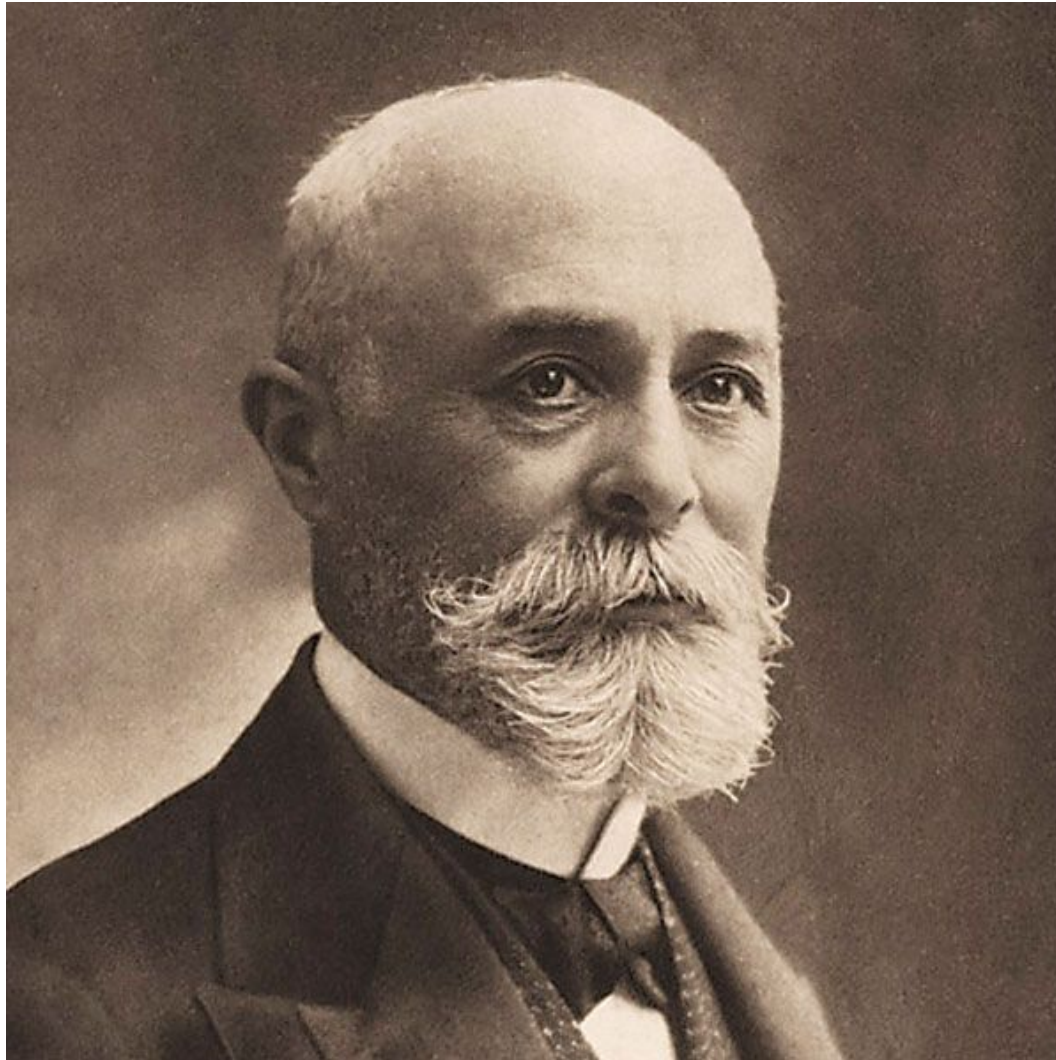
Радиоактивное излучение возникает при распаде атомных ядер.

Радиоактивность – это количество ядерных распадов, происходящих в образце вещества за одну секунду. Измеряется в **беккерелях**:

$$1 \text{ Бк} = 1 \text{ с}^{-1}$$



6.7.Измерение радиоактивности.



Антуан Анри Беккерель (1820 – 1891)

6.7.Измерение радиоактивности.

Радиоактивность продуктов измеряется в беккерелях на килограмм (Бк/Кг).

Допустимая норма для продуктов питания – не более **200 Бк/Кг**.

Допустимая норма для стройматериалов – не более **4 кБк/Кг**.

Для собственно радиоактивных материалов применяется единица **1 Кюри** – это радиоактивность одного грамма радия.

$$1 \text{ Ки} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$$

Радиоактивное загрязнение местности измеряется в кюри на квадратный километр (Ки/Км²).

Местность считается загрязненной при величине более **1 Ки/Км²**.

6.7.Измерение радиоактивности.



Супруги Пьер и Мария Склодовская- Кюри (1867-1934)

6.7.Измерение радиоактивности.

2. Поглощенная доза (D). Это отношение энергии (W), поглощенной облучаемым телом, к массе этого тела (m):

$$D = \frac{W}{m} \quad (6.7.1)$$

$$[D] = \text{Дж/Кг} = \mathbf{1 \text{ Грей}}$$

3. Мощность дозы (D•). Это отношение поглощенной дозы (D) ко времени поглощения (t):

$$D\bullet = \frac{D}{t} = \frac{dD}{dt} \quad (6.7.2)$$

6.7.Измерение радиоактивности.

Мощность дозы (D^\bullet) связана с радиоактивностью излучающего вещества (A):

$$D^\bullet = \frac{K \cdot A}{r^2} \quad (6.7.3)$$

r – расстояние между облучающим веществом и облучаемым телом,

K – ионизационная постоянная, зависящая от облучающего вещества (табл. 6.7.1).

(Табл. 6.7.1)

ИЗОТОП	Co_{60}	J_{137}	Cs_{134}	U_{238}
$K, \text{дж}\cdot\text{м}^2/\text{кг}$	$1\cdot 10^{-16}$	$1,71\cdot 10^{-17}$	$6,8\cdot 10^{-17}$	$6,9\cdot 10^{-19}$

6.7.Измерение радиоактивности.

4. Экспозиционная доза (J). Это отношение заряда (Q), образующегося в сухом воздухе при его облучении, к массе сухого воздуха (m):

$$J = \frac{Q}{m} \quad (6.7.4)$$

Единица измерения – **рентген (1 Р)**:

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/Кг} \quad (6.7.5)$$

Часто употребляют **мощность экспозиционной дозы** ($J' = dJ/dt$).
Единицы измерения – Р/час, мР/час, мкР/час и др.

6.7.Измерение радиоактивности.



Вильгельм Конрад Рентген (1845 – 1923)

6.7.Измерение радиоактивности.

5. Эквивалентная доза ($D_э$). Это произведение поглощенной дозы (D) на коэффициент k_e , зависящий от опасности данного вида излучения для человека. Измеряется в **зивертах (Зв):**

$$D_э = k_e \cdot D \quad (6.7.5)$$

Табл. 6.7.2.

Вид излучения	Рентгеновское излучение, гамма-лучи бета-лучи	Быстрые нейтроны, альфа-лучи	Осколки деления ядер
k_e Зв/Гр	1	10	20

6.7.Измерение радиоактивности.

Часто употребляют **мощность эквивалентной дозы** ($\dot{D}_3 = dD_3/dt$).
Единицы измерения – Зв/час, мЗв/час, мкЗв/час.

Мощность эквивалентной дозы связана с мощностью экспозиционной дозы:

$$\dot{J} = 100 \cdot \dot{D} \quad (6.7.5)$$

Например, 0,12 мкЗв/час = 12 мкР/час.

6.7.Измерение радиоактивности.

Допустимые нормы облучения.

По отношению к радиоактивному облучению все население делится на три группы.

- 1.** Специалисты – люди, постоянно работающие с радиоактивными веществами.
- 2.** Люди, работающие с радиоактивными веществами время от времени.
- 3.** Все остальное население.

Самые жесткие нормы облучения – для 3-й группы. Для 2-й группы – в 10 раз больше. Для 1-й – в 100 раз больше.

6.7.Измерение радиоактивности.

Табл. 6.7.2. Нормы облучения по основным единицам
(выделенные величины обязательны для запоминания)

Группа населения	A Ки/км²	J мкР/час	D₃ мкЗв/час
1	100	32000	320
2	10	3200	32
3	1	320	3,2
Естественный фон	0,1 - 0,02	10 - 20	0,1 - 0,2

Допустимое превышение естественного фона – до 60 мкР/час

6.7.Измерение радиоактивности.

Проверочный тест

А. Собственно радиоактивность измеряется:

- 1.в рентгенах.**
- 2.в зивертах.**
- 3.в греях.**
- 4.в беккерелях.**

**Б. Уровень радиоактивности составляет 2 миллирентгена в час.
Это:**

- 1.безопасный уровень, меньше естественного фона.**
- 2.безопасный уровень, несколько превышающий естественный фон.**
- 3.опасный уровень, намного превышающий естественный фон.**
- 4.смертельно опасный уровень, практически не может наблюдаться.**

6.7.Измерение радиоактивности.

Способы измерения радиоактивности. Счетчики.

1. Счетчик Гейгера.

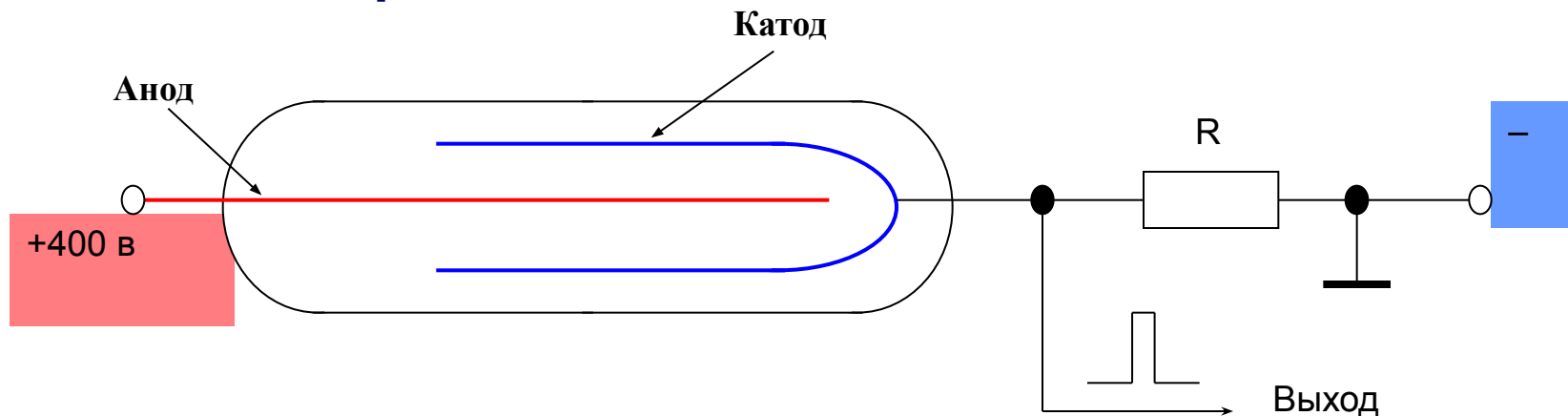


Рис. 6.7.1. Принципиальная схема счетчика Гейгера.

Основа счетчика Гейгера – трубка, наполненная газом под малым давлением. Сопротивление $R \sim 10^6$ Ом.

6.7.Измерение радиоактивности.

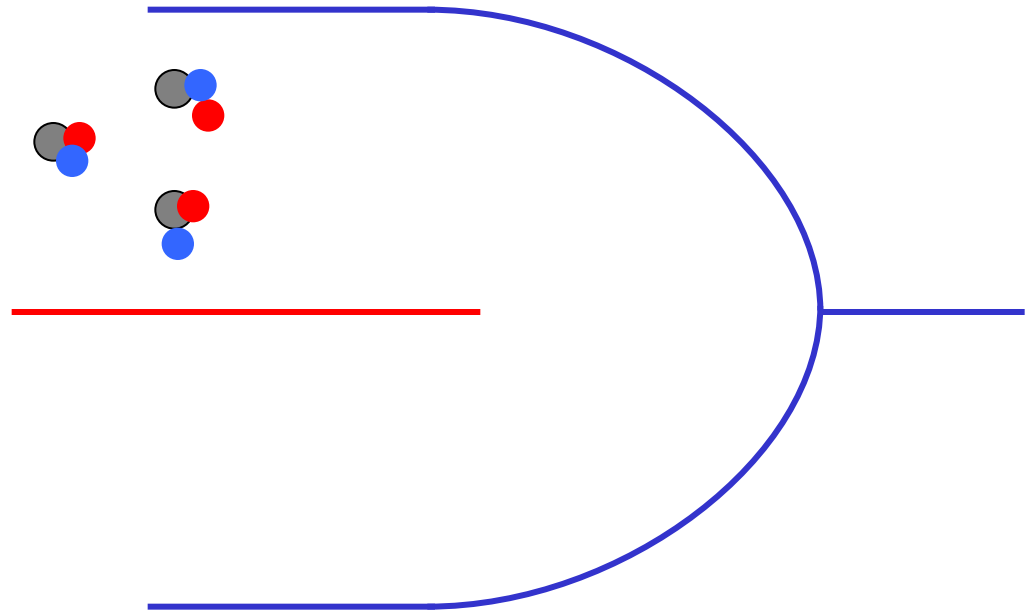
Счетчик измеряет поток α -, β - частиц или γ -квантов.

Сквозь стенки трубки частица проникает внутрь и ионизует одну молекулу.

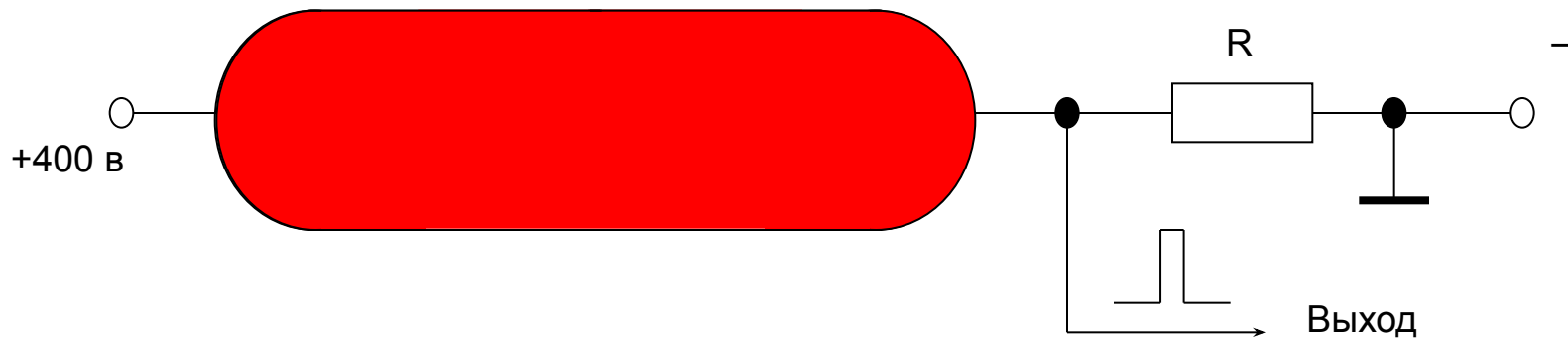
Образовавшаяся пара ионов летит к электродам, сталкивается еще с двумя молекулами и ионизует их.

Эти ионы также ионизуют новые молекулы. Возникает цепная реакция ионизации.

Через короткое время ($\sim 10^{-8}$ с.) все молекулы в трубке будут ионизованы.



6.7.Измерение радиоактивности.



Трубка «вспыхивает». Она становится проводником тока.

Если до вспышки сопротивление трубки было велико ($R_{\text{тр}} \gg R$), то теперь ее сопротивление резко падает: $R_{\text{тр}} \ll R$.

Теперь все напряжение падает на сопротивлении R . К электродам трубки практически не приложено напряжения. Трубка гаснет, ионы рекомбинируют.

На выходе появляется импульс тока. Частота этих импульсов служит мерой потока частиц, т.е. уровня радиоактивности.

Частота выходных импульсов измеряется цифровым счетчиком (см. раздел 7).

6.7.Измерение радиоактивности.

Текущие вопросы

В счетчике Гейгера выходной величиной является:

- 1. сила тока.**
- 2. частота импульсов тока.**
- 3. амплитуда импульсов тока.**
- 4. длительность импульсов тока.**

6.7.Измерение радиоактивности.

2. Пропорциональные счетчики.

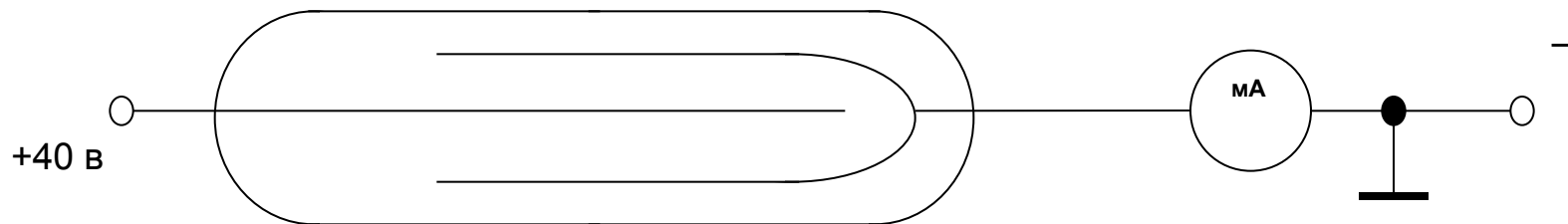
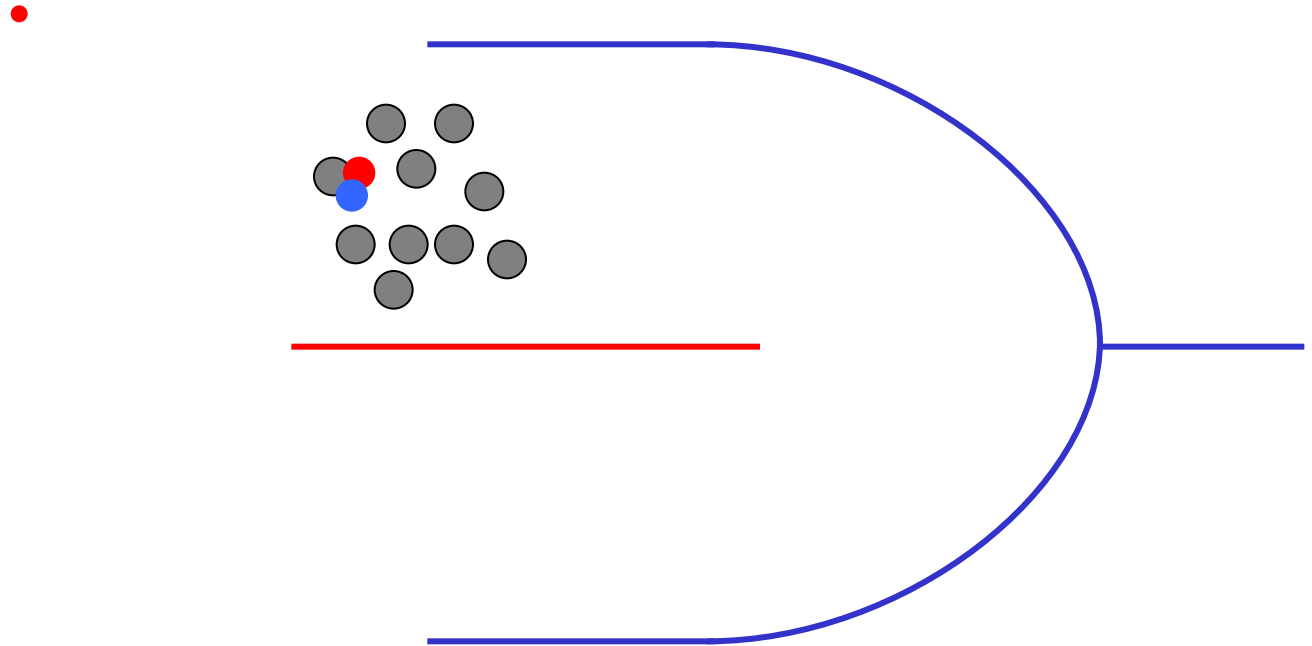


Рис. 6.7.2. Принципиальная схема пропорционального счетчика.

В пропорциональном счетчике напряжение питания гораздо меньше, а давление в трубке – больше, чем в счетчике Гейгера.

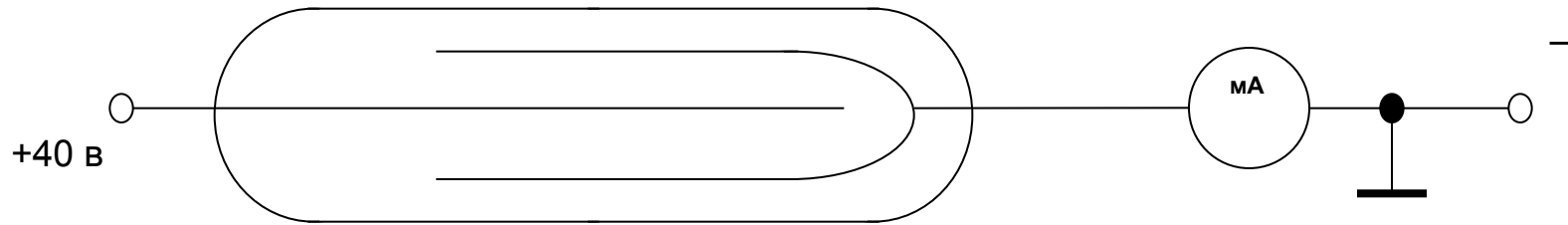
Это приводит к тому, что в трубке ионизуется только одна молекула. Цепная реакция не происходит.

6.7.Измерение радиоактивности.



В трубке возникает лишь слабый ионный ток. Этот ток пропорционален количеству ионов, т.е. количеству частиц, влетевших в трубку.

6.7.Измерение радиоактивности.



Ток измеряют стрелочным или цифровым прибором.

Пропорциональные счетчики гораздо менее чувствительны, чем счетчики Гейгера.

6.7.Измерение радиоактивности.

Текущие вопросы

В пропорциональном счетчике выходной величиной является:

- 1. сила тока.**
- 2. частота импульсов тока.**
- 3. амплитуда импульсов тока.**
- 4. длительность импульсов тока.**

6.7.Измерение радиоактивности.

3. Сцинтилляционные счетчики.

Некоторые вещества – **сцинтилляторы** – начинают светиться видимым светом при облучении жесткой радиацией.

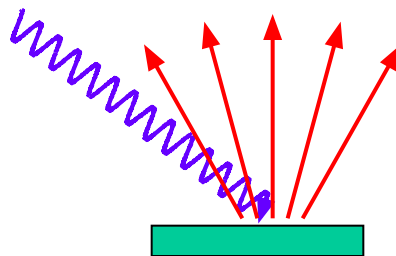


Рис. 6.7.3. Сцинтилляция

Сцинтилляторы можно использовать в качестве индикатора опасного излучения.

Чем больше радиоактивный поток, тем больше видимое излучение.

В сцинтилляционных счетчиках сцинтиллятор помещают рядом с катодом ФЭУ и измеряют видимое излучение.

Сцинтилляционные счетчики являются самыми чувствительными приборами.

6.7.Измерение радиоактивности.

Текущие вопросы

В сцинтилляционном счетчике выходной величиной является:

- 1. яркость видимого излучения.**
- 2. частота видимого излучения.**
- 3. экспозиционная доза.**
- 4. мощность экспозиционной дозы.**

6.7.Измерение радиоактивности.

3. Радиофотолюминесцентные счетчики.

Датчик радиофотолюминесцентного счетчика – стекло с примесью PO_4 .

Под действием жесткой радиации в таком стекле образуются центры люминесценции (рис.6.7.4). Их количество зависит от поглощенной дозы.

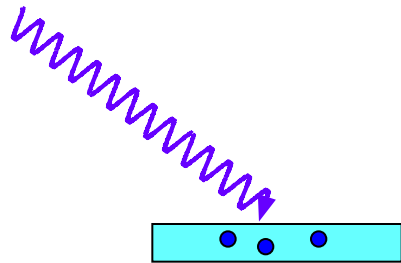


Рис. 6.7.4.

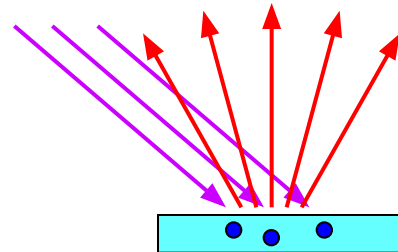


Рис. 6.7.5.

После выдержки стекло помещают под поток ультрафиолетового излучения (рис.6.7.5). Центры люминесценции начинают светиться. Яркость свечения определяют с помощью ФЭУ.

6.7.Измерение радиоактивности.

Текущие вопросы

Радиофотолюминесцентный счетчик измеряет:

- 1. радиоактивность вещества.**
- 2. поглощенную дозу.**
- 3. мощность поглощенной дозы.**
- 4. экспозиционную дозу.**