

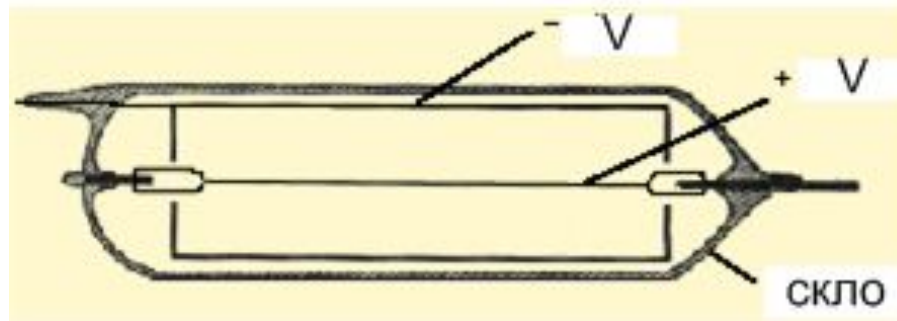
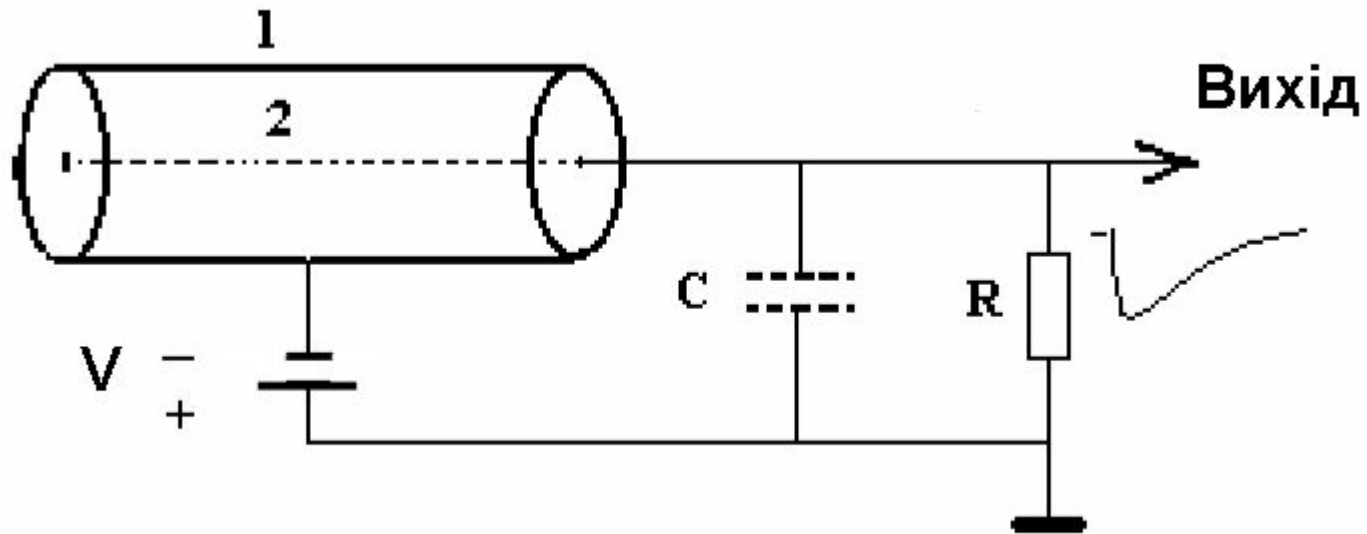
ГАЗОРОЗРЯДНИЙ ЛІЧИЛЬНИК (ЛІЧИЛЬНИК ГЕЙГЕРА-МЮЛЛЕРА)

1. Принцип дії газорозрядного лічильника
2. Лічильна характеристика газорозрядного лічильника
3. Мертвий час лічильника
4. Лічильник Гейгера-Мюллера - газорозрядний лічильник з не самостійним гасінням розряду
5. Газорозрядні лічильники з самостійним гасінням розряду:
 1. *Спиртові газорозрядні лічильники*
 2. *Галогенні газорозрядні лічильники*
6. Ефективність лічильника Гейгера-Мюллера
7. Основні типи газорозрядних лічильників

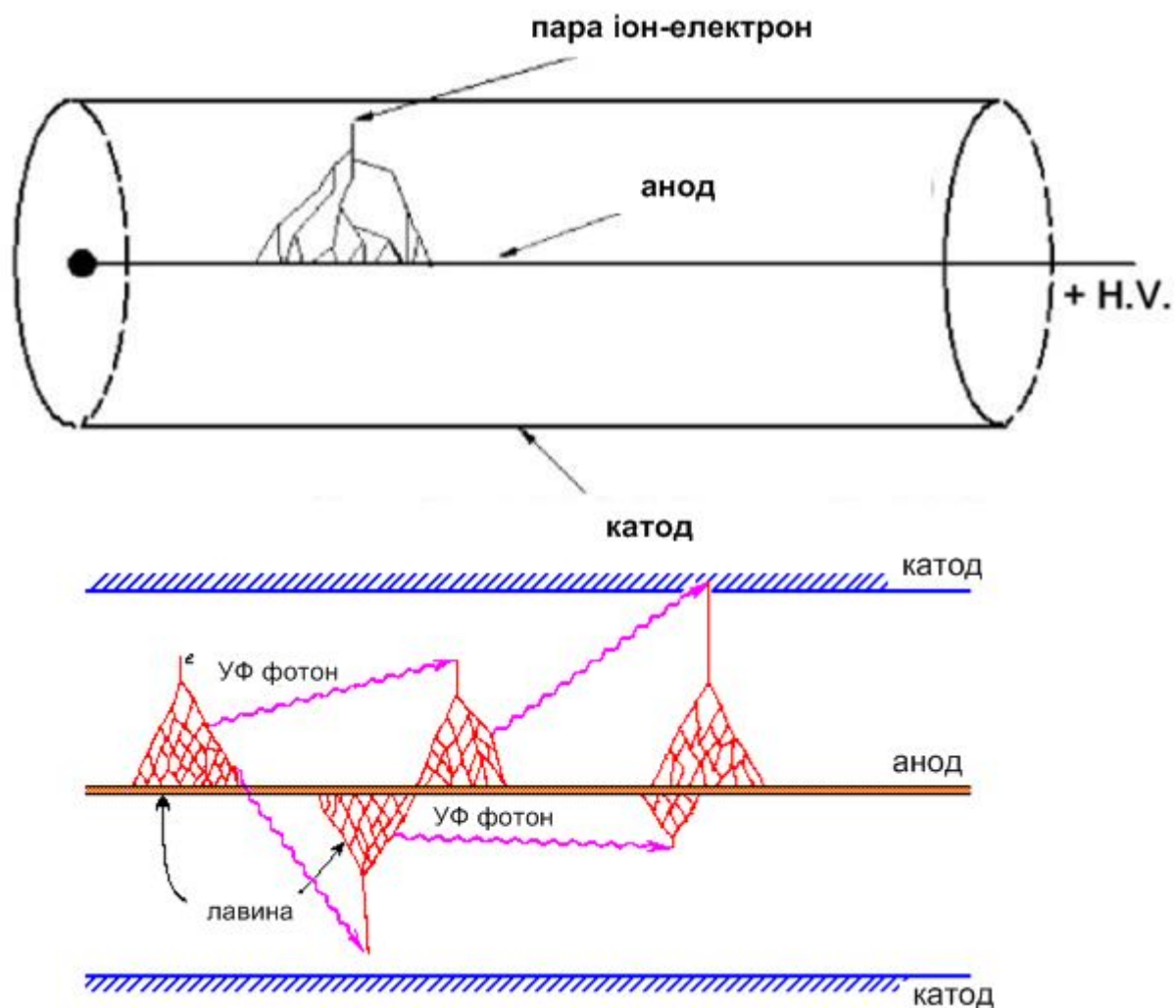
Історична довідка

- Німецький фізик **Ганс Вільгельм Гейгер** (Johannes (Hans) Wilhelm Geiger) – 1908 рік (працював разом з Резерфордом)
- Гейгер разом зі своїм аспірантом **Вальтером Мюллером** (Walther Müller) – 1928 рік
- **Трост** – 1937 рік, спиртовий лічильник
- Sidney H. **Liebson** – 1947 рік, галогенний лічильник із самостійним гасінням

Принцип дії газорозрядного лічильника



Принцип дії газорозрядного лічильника



Принцип дії газорозрядного лічильника

Коефіцієнт повного газового підсилення

$$M_{\Sigma} = \frac{M}{1 - \gamma \cdot M}$$

*Коефіцієнт поверхневої іонізації –
імовірність появи фотоелектрона на
один вторинний електрон*

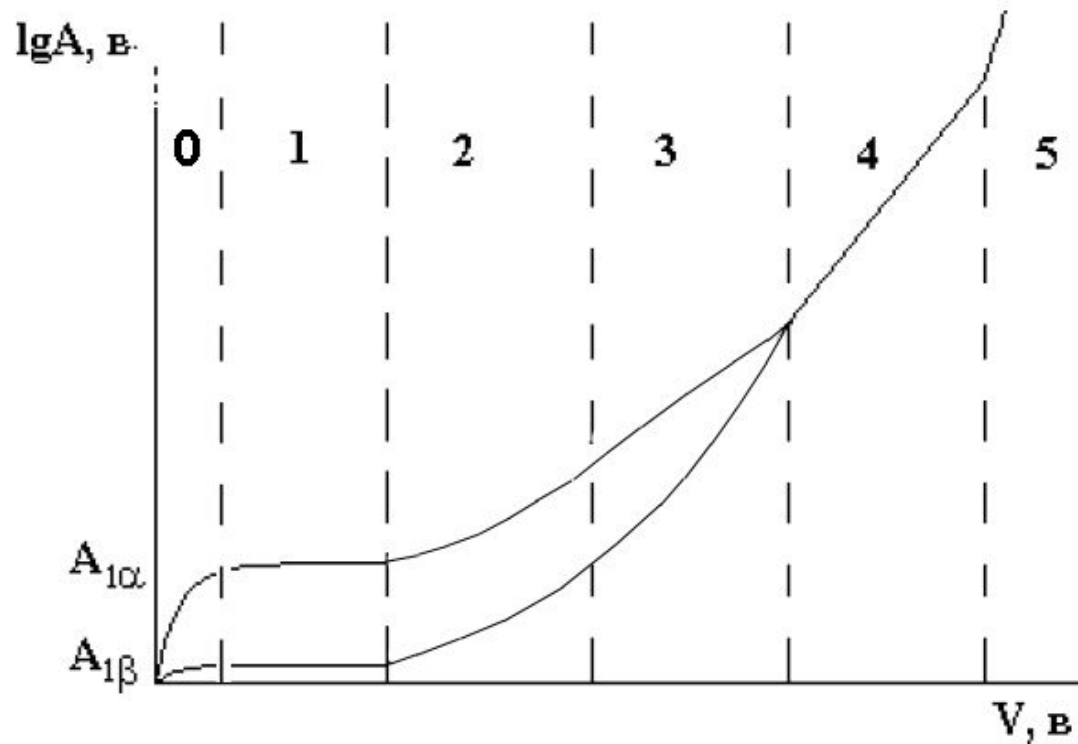
γ

*Коефіцієнт газового підсилення за
рахунок ударної іонізації*

M

$$\Delta U \uparrow \quad \Rightarrow \quad \gamma \cdot M \rightarrow 1 \quad \Rightarrow \quad M_{\Sigma} \rightarrow \infty$$

Принцип дії газорозрядного лічильника

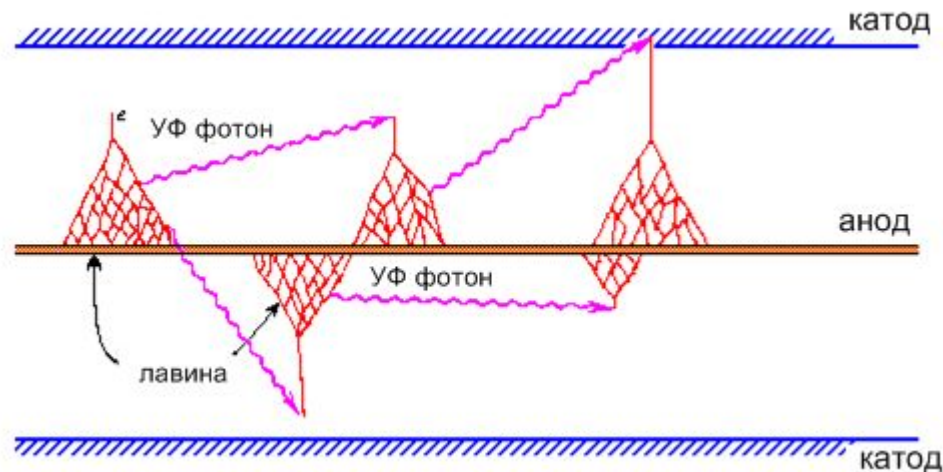


Принцип дії газорозрядного лічильника

Умова розвитку коронного розряду – $V > V_{\text{запалення розряду}}$

Стадії розвитку розряду

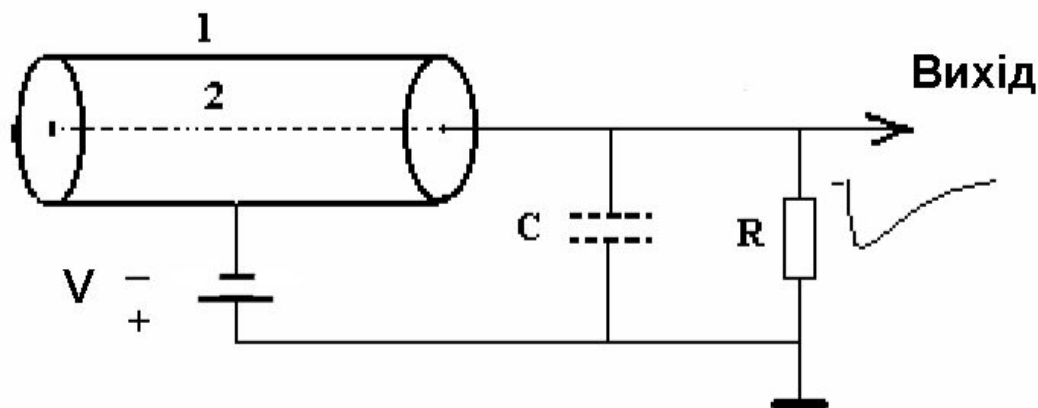
1. Генерування ланцюга електрон-іонних лавин – 10^{-7} с
2. Утворення об'ємного заряду біля аноду
3. Дрейф іонів від зони аноду до катоду та виривання з катоду вторинних електронів при нейтралізації іонів – 10^{-4} .
4. Повторення пунктів 1-3 в новому кроці розряду



Газорозрядні лічильники з несамостійним гасінням розряду

Методи примусового гасіння розряду

1. Знімання напруги з електродів лічильника після розвитку розряду
2. Заряд еквівалентного конденсатора (напруга на якому діє в протилежному напрямку в порівнянні з джерелом живлення) до величини, коли напруга на ньому зменшує загальну прикладену напругу менше за V запалення розряду
3. Зміна полярності напруги, прикладеної до лічильника, на протилежну



$$I = \frac{(V - V_{зап})}{R_{вн}}$$

Газорозрядні лічильники з самостійним гасінням розряду

Спиртові газорозрядні лічильники

90% - інертні гази (аргон)

10% - пари етилового спирту (C_2H_5OH), метилового спирту (CH_3OH), метилаля ($CH_2(OCH_3)_2$), домішки етилену (C_2H_4)

Молекули аргону: потенціал іонізації – 15.7 В, потенціал збудження (перший рівень) – 11.57 В

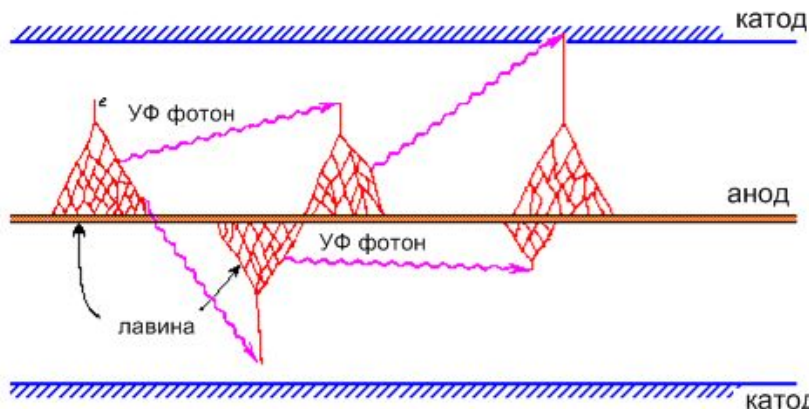
Молекули спирту: потенціал іонізації – 11.3 В, збуджена молекула дисоціює на радикали (час життя – 10^{-13} с порівняно з часом життя по відношенню до висвічування фотона 10^{-8} с)

Газорозрядні лічильники з самостійним гасінням розряду

Спиртові газорозрядні лічильники

Стадії розвитку розряду

1. Генерування ланцюга електрон-іонних лавин:
 1. Іонізація та збудження атомів аргону (в основному), вони висвічують фотони
 2. Ці фотони інтенсивно поглинаються молекулами спирту (пробіг фотонів порядку 1 мм), які іонізуються, звільнені електрони дають початок новим лавинам – розряд розповсюджується вздовж аноду (швидкість до 10^6 см/с, час від 10^{-6} с до 10^{-5} с)
 3. При збудженні молекул спирту, вони дисоціюють і не випускають високоенергетичні фотони
2. Утворення об'ємного заряду біля аноду
3. Дрейф іонів аргону від зони аноду до катоду та їх нейтралізація разом з іонізацією молекул спирту.
4. Нейтралізація молекул спирту на катоді і їх дисоціація (10^{20} молекул, в імпульсі дисоціює більше ніж 10^9 молекул, реальний ресурс $10^9 - 10^{10}$ імпульсів)



Робоча напруга порядку
1000 В

Газорозрядні лічильники з самостійним гасінням розряду

Галогенні газорозрядні лічильники

Майже 100% - неон

0.1% - двоатомні молекули галогенів (Cl_2 , Br_2 , J_2)

Молекули неону: потенціал іонізації – 21.5 В, потенціал збудження метастабільного стану – 16.6 В (час життя 10^{-4} – 10^{-2} с)

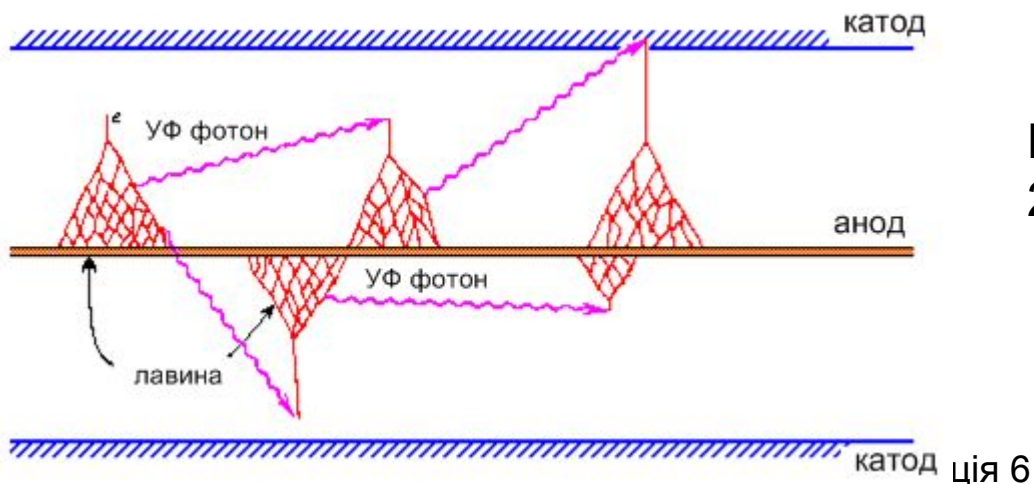
Молекули броду: потенціал іонізації – 12.8 В

Газорозрядні лічильники з самостійним гасінням розряду

Галогенні газорозрядні лічильники

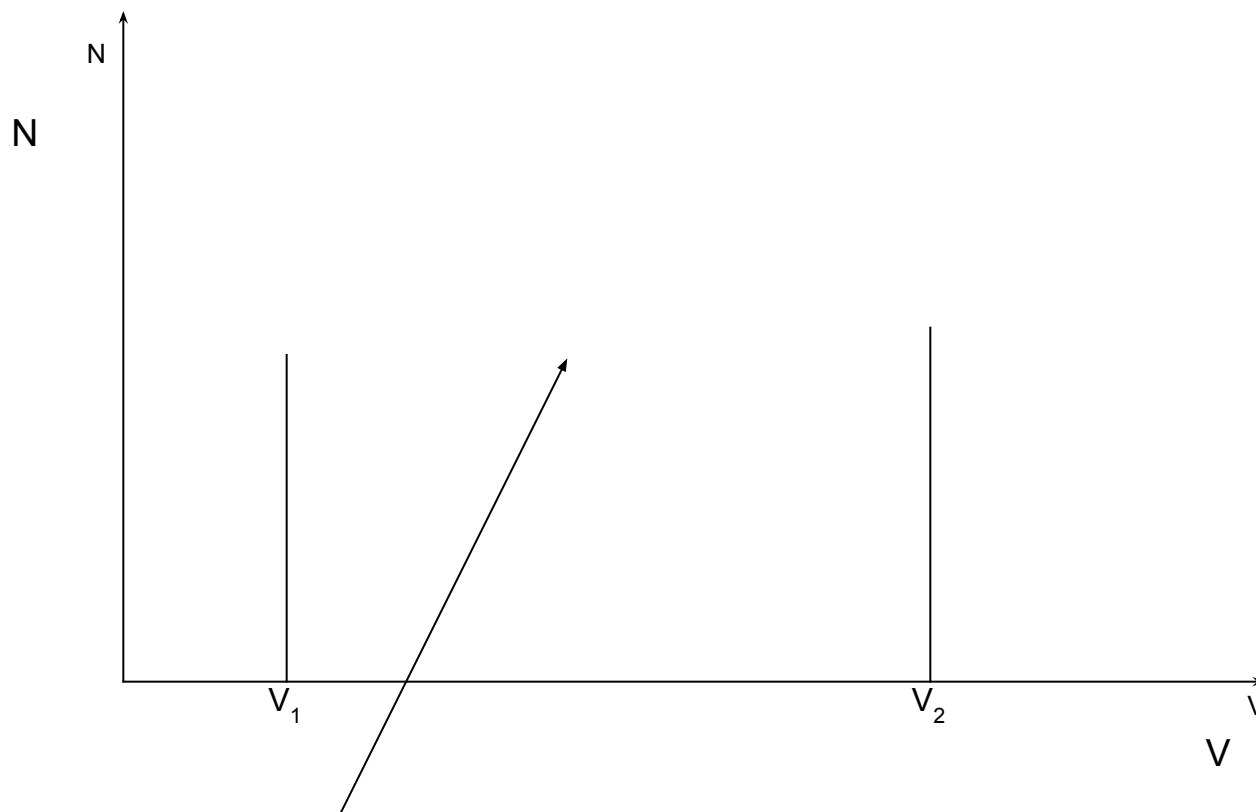
Стадії розвитку розряду

1. Генерування ланцюга електрон-іонних лавин:
 1. Збудження атомів неону (іонізація практично відсутня – низькі робочі напруги), вони висвічують фотони дуже повільно, в основному іонізують молекули брому при зіткненні з ними - звільнені електрони дають початок новим лавинам.
 2. Фотони не поглинаються бромом (низька концентрація) і вибивають фотоелектрони з катоду, звільнені електрони дають початок новим лавинам
2. Утворення об'ємного заряду біля аноду
3. Дрейф іонів бромову від зони аноду до катоду та їх нейтралізація – енергія іонізації мала – додатковий електрон не виривається.



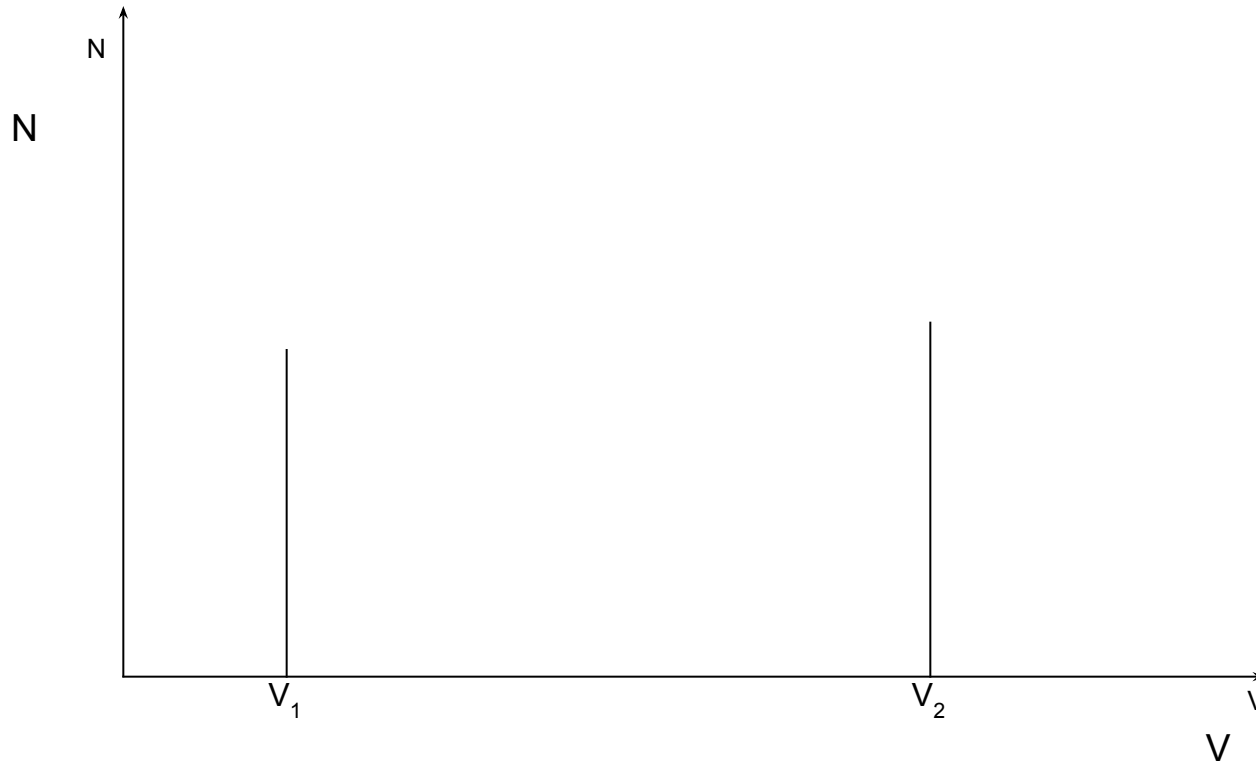
Робоча напруга порядку
200 - 400 В

Лічильна характеристика газорозрядного лічильника



Плато лічильної характеристики газорозрядного лічильника

Лічильна характеристика газорозрядного лічильника

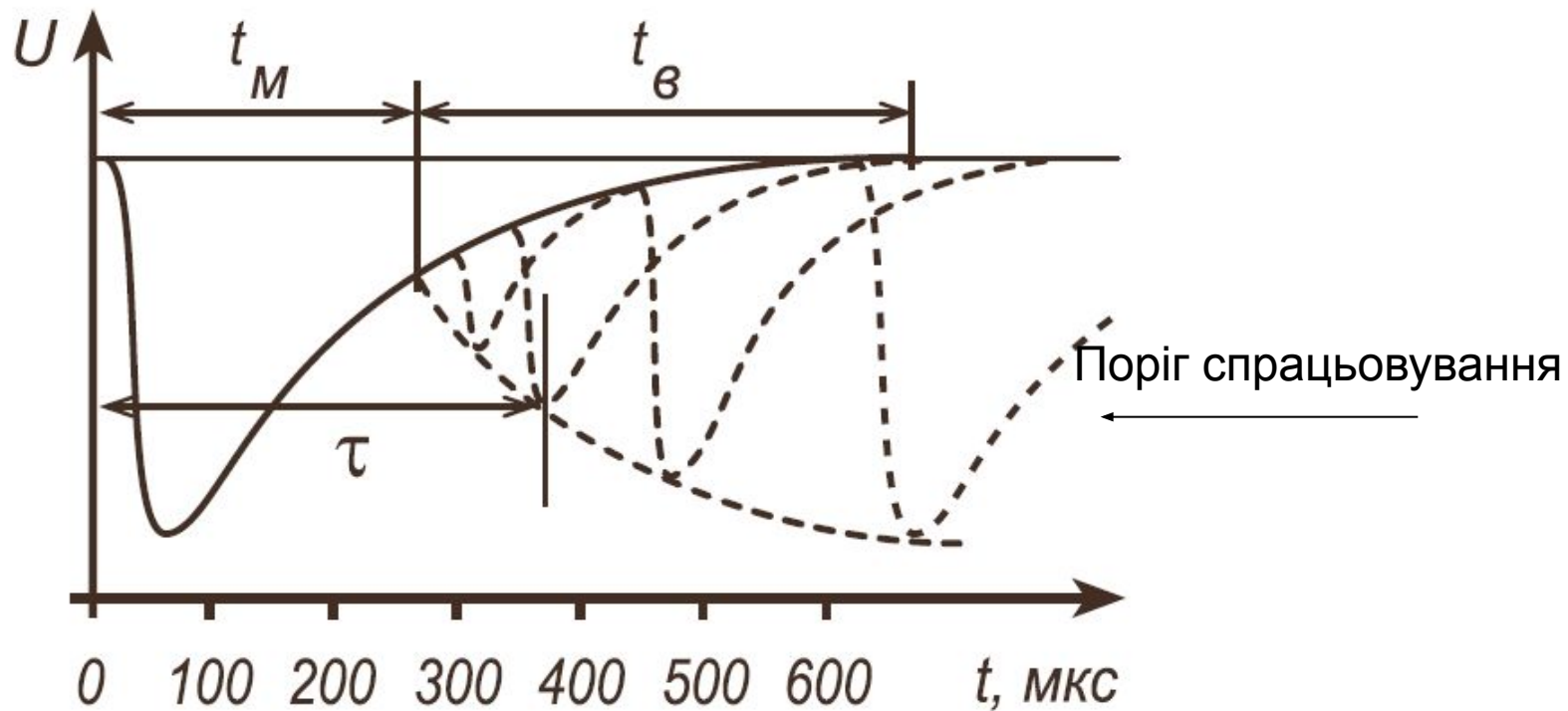


Нахил плато лічильної характеристики

5% / 100 В – характерні величини для нахилу плато лічильної характеристики

$$\frac{N(V_2) - N(V_1)}{(N(V_2) + N(V_1)) / 2} \cdot 100\%$$
$$\frac{V_2 - V_1}{V_2 - V_1} \cdot 100\%$$

Мертвий час газорозрядного лічильника



t_M - мертвий час

t_B - час відновлення

τ - роздільний час

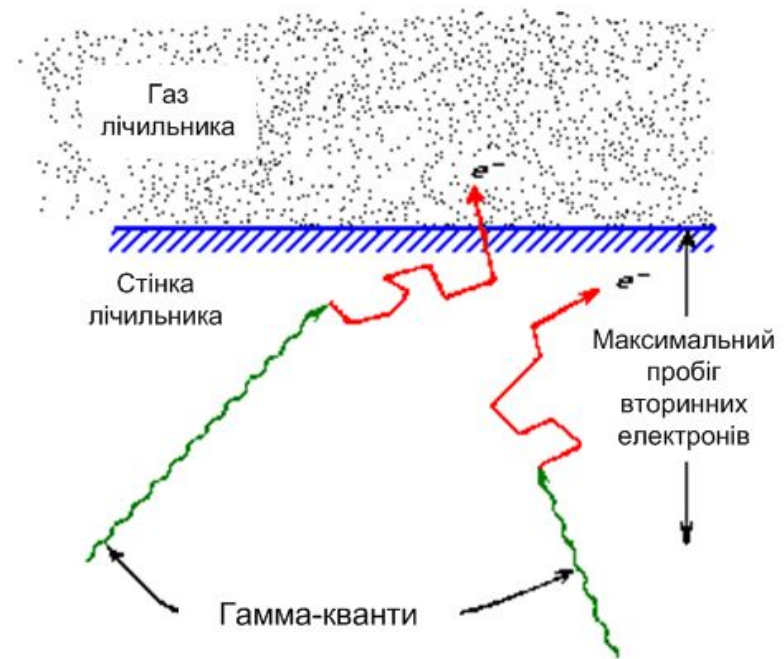
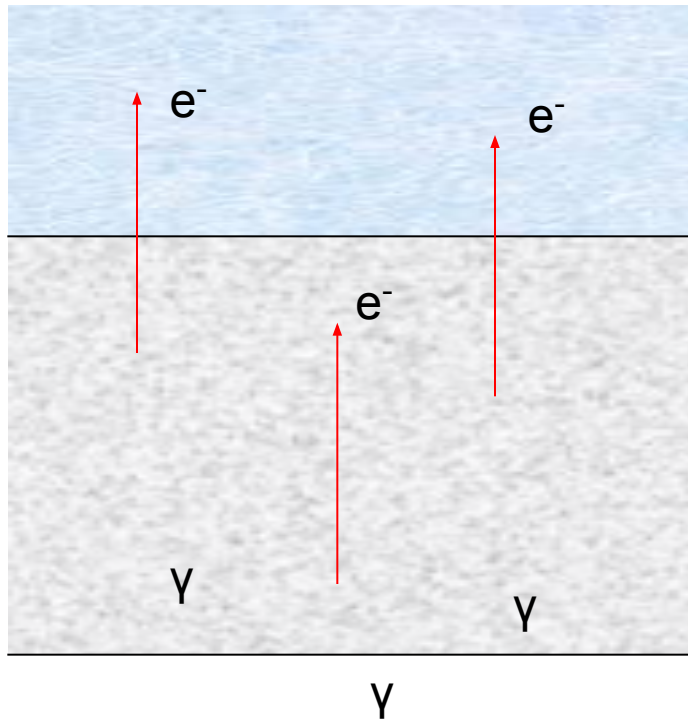
Ефективність газорозрядного лічильника

Ефективність реєстрації заряджених частинок може досягати 100%

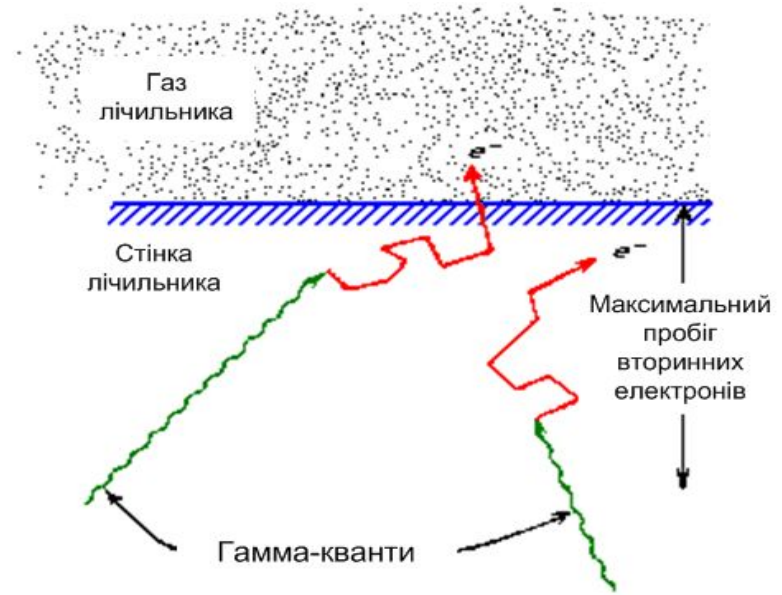
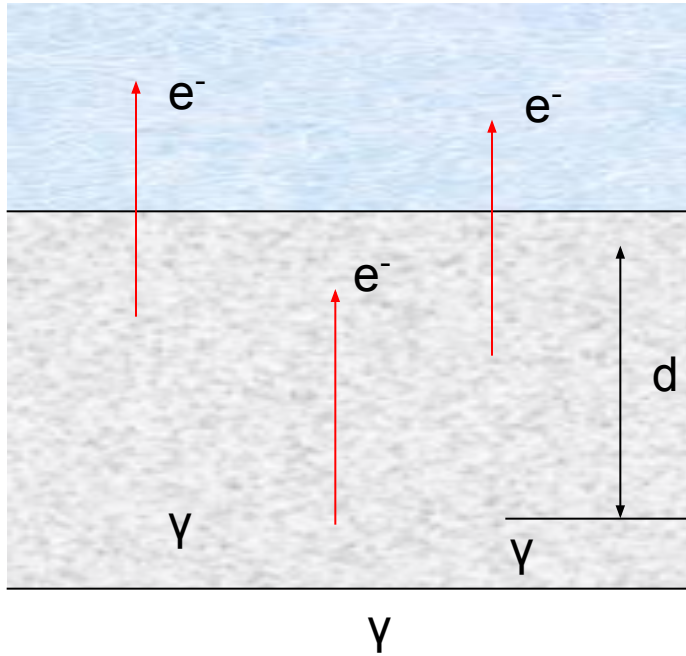
Необхідно враховувати втрати частинок в стінках лічильника

Ефективність газорозрядного лічильника

для гамма-квантів



Ефективність газорозрядного лічильника для гамма-квантів



N_0 Кількість гамма-квантів, які падають на лічильник

$N(d) = N_0 \exp(-\mu d)$ Кількість гамма-квантів, які пройдуть через стінку товщиною d

$N_0 - N(d)$ Кількість гамма-квантів, які провзаємодіють в стінці лічильника

$\frac{N_0 - N(d)}{N_0}$ Ефективність лічильника для гамма-квантів

Ефективність газорозрядного лічильника

для гамма-квантів

N_0 Кількість гамма-квантів, які падають на лічильник

$N(d) = N_0 \exp(-\mu d)$ Кількість гамма-квантів, які пройдуть через стінку товщиною d

$N_0 - N(d)$ Кількість гамма-квантів, які провзаємодіють в стінці лічильника

$\varepsilon_\gamma = \frac{N_0 - N(d)}{N_0}$ Ефективність лічильника для гамма-квантів

$$\varepsilon_\gamma = \frac{N_0 - N(d)}{N_0} = \frac{N_0(1 - \exp(-\mu d))}{N_0} = 1 - \exp(-\mu d)$$

Якщо $\mu d \ll 1$ \Rightarrow Експоненту можна розкласти в ряд Тейлора

В результаті отримуємо $\varepsilon_\gamma = \mu d$

Приклад: латунні стінки, $d=0.5$ мм (0.43 г/см²), $\mu=0.06$ см²/г \square $\mu d=0.025$

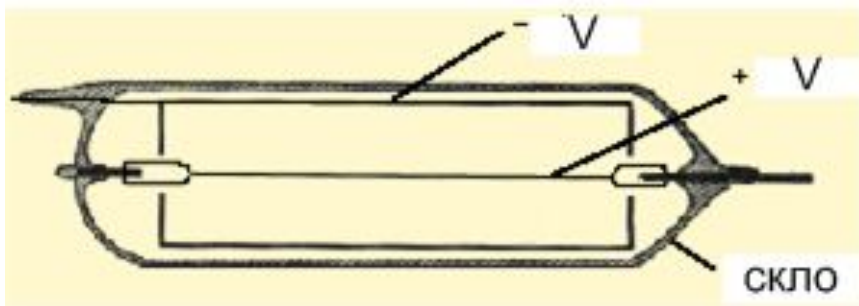
$$E_e = 1 \text{ MeV}$$

$$E_\gamma = 1 \text{ MeV}$$

Основні типи газорозрядних лічильників

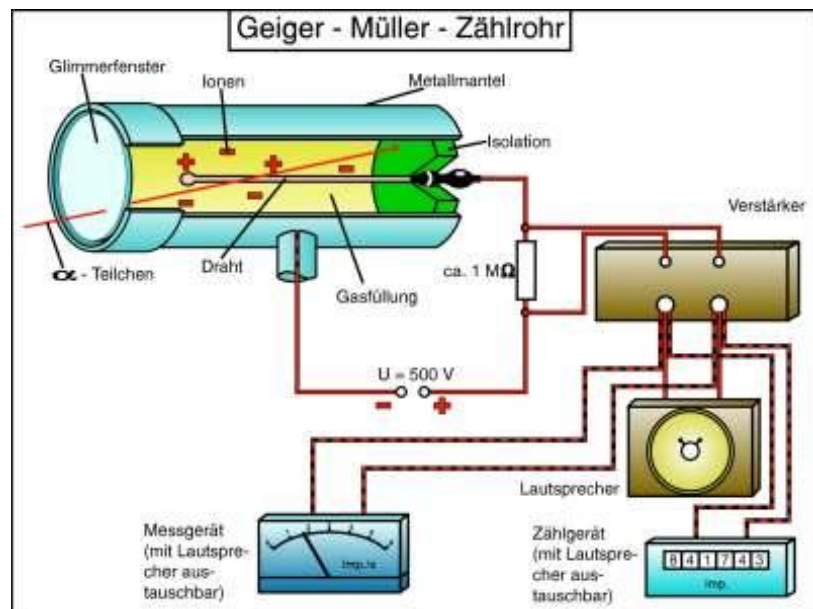
Зі скляними стінками

Циліндричні



З металевими стінками

Торцеві



Основні типи газорозрядних лічильників



Основні типи газорозрядних лічильників



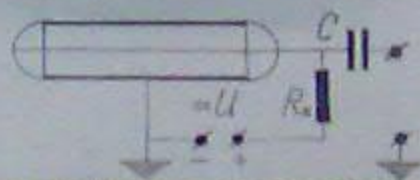
Основні типи газорозрядних лічильників



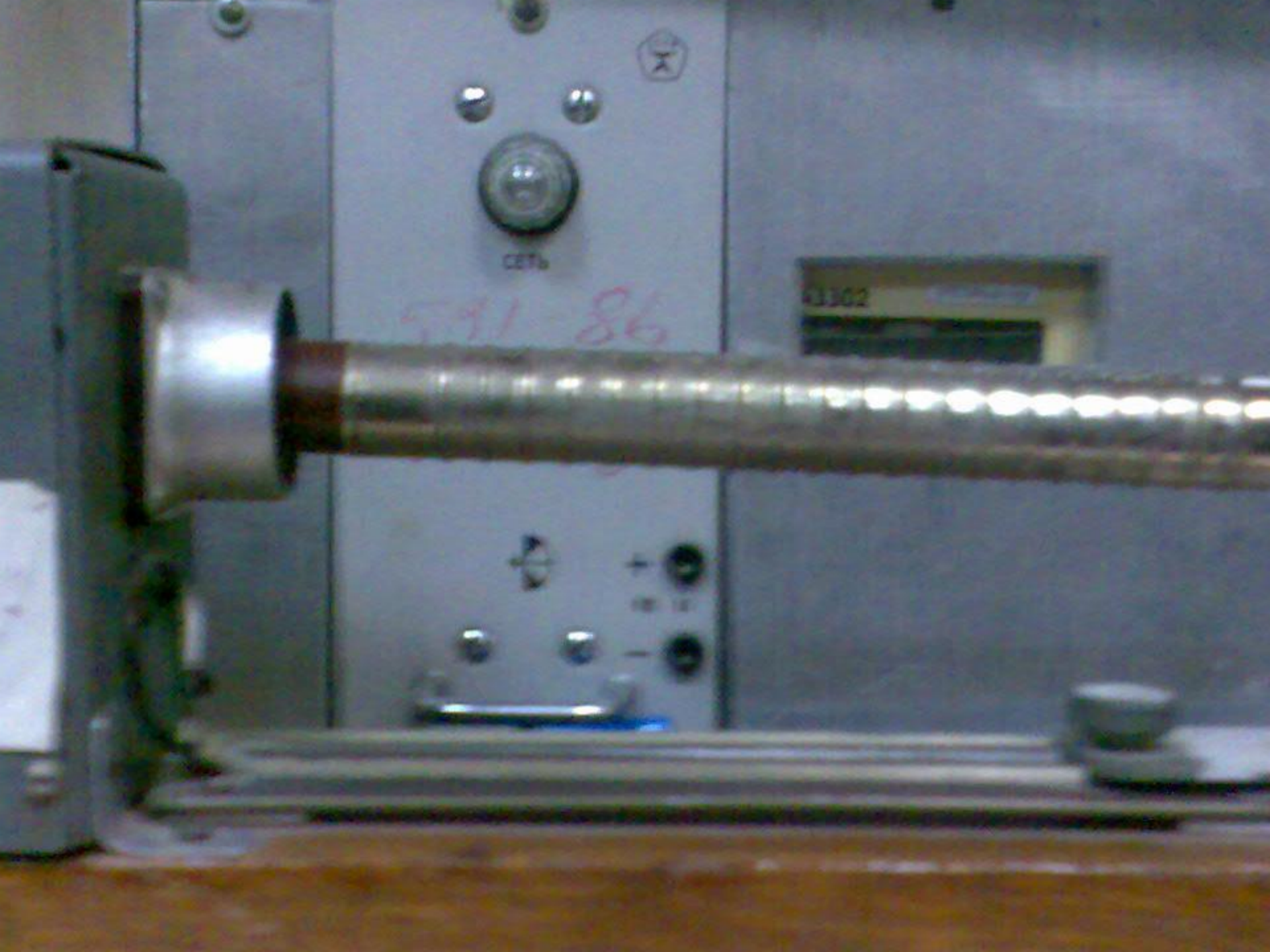
Основні типи газорозрядних лічильників



ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ СЧЕТЧИКИ







CET6

591-86

3302

+
-