

# ***ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ВИЗНАЧЕННЯ РОБОТИ ВИХОДУ ЕЛЕКТРОНА З МЕТАЛУ***



**Роботу виконав: Тищенко Олег Володимирович  
учень 9-В класу Кременчуцького колегіуму №25**

**Науковий керівник:**

**Погребняк Ольга Михайлівна, вчитель фізики Кременчуцького  
колегіуму №25**

**Науковий консультант:**

**Сукачов Олександр Володимирович, доцент кафедри  
“Біотехнологія і здоров’я людини” Кременчуцького  
національного університету ім. М. Остроградського**



## **МЕТА РОБОТИ:**

Дослідження явища термоелектронної емісії,  
визначення роботи виходу електрона з металу

## **АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ**

Пов'язана з великими можливими перспективами  
використання вакуумних електронних пристроїв у  
майбутньому

## **Об'єкт дослідження:**

Явище термоелектронної емісії

## **Предмет дослідження:**

Електронна вакуумна лампа - діод

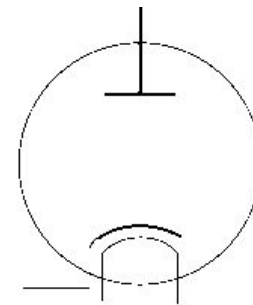
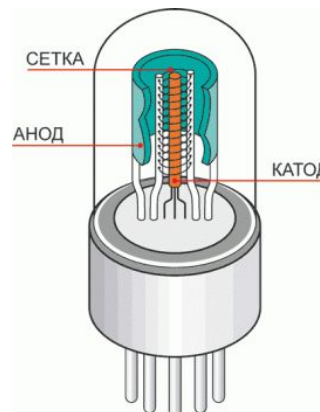
# ЕМІСІЙНІ ЯВИЩА

- Явище термоелектронної емісії – випускання електронів з поверхні розжареного металу у вакуум
- Автоелектронна емісія – випускання електронів з поверхні металу під дією сильного електричного поля
- Фотоелектронна емісія – випускання електронів з поверхні металу під дією електромагнітного опромінення
- Вторинна електронна емісія - випускання електронів з поверхні металу при бомбардуванні електронним пучком

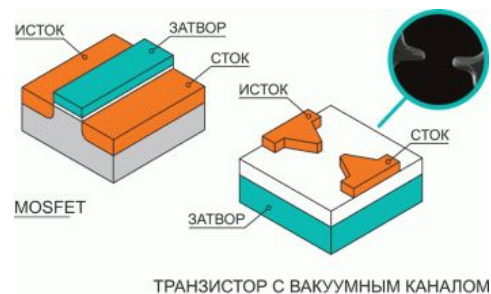
Мінімальна робота, яка необхідна для видалення електрона з металу у вакуум, називається *роботою виходу електрона з металу*



## ЕЛЕКТРОННІ ВАКУУМНІ ЛАМПИ



## ТРАНЗИСТОР З ВАКУУМНИМ КАНАЛОМ



- У дослідницькому центрі NASA вчені працюють над створенням **транзисторів з вакуумним каналом**, які мають у 10 разів більшу швидкість роботи, ніж звичайні напівпровідникові транзистори, і можуть працювати в діапазоні дуже високих частот, які недосяжні для будь-яких інших пристроїв. Перспективи використання даного діапазону – це високошвидкісні засоби зв'язку і детектори шкідливих матеріалів
- Для даних транзисторів не потрібна нитка розжарення оскільки в них використовується процес автоелектронної емісії. Тому даний прилад буде дуже економічним
- Наступний крок – розміщення великої кількості вакуумних транзисторів в інтегральній мікросхемі

Тобто і зараз **актуальним** залишається дослідження вакуумних електронних пристроїв, які можуть мати велике майбутнє

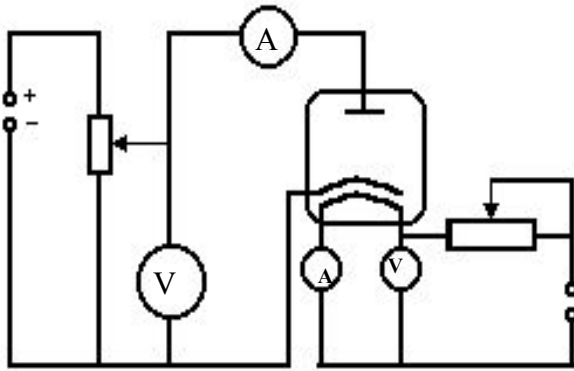




## СХЕМА ВИМІРЮВАННЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЇ ХАРАТЕРИСТИКИ $I_a(U_a)$ ДІОДУ 6Ц4П

### Формула Річардсона-Дешмана

$$I_{нас} = C \cdot S \cdot T^2 \exp\left(-\frac{A_{вих}}{kT}\right)$$



$A_{вих}$  - робота виходу електрона з металу  
(залежить від матеріалу аноду)

$T$  – термодинамічна температура

$C$  – емісійна стала (залежить від матеріалу  
аноду)

$S$  - площа поверхні катоду

$k=1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К - стала Больцмана



# ВИЗНАЧЕННЯ РОБОТИ ВИХОДУ

$$A_{вих} = \frac{kT_1T_2}{T_2 - T_1} \left( \ln \left( \frac{I_{2нас}}{I_{1нас}} \right) - 2 \ln \left( \frac{T_2}{T_1} \right) \right)$$

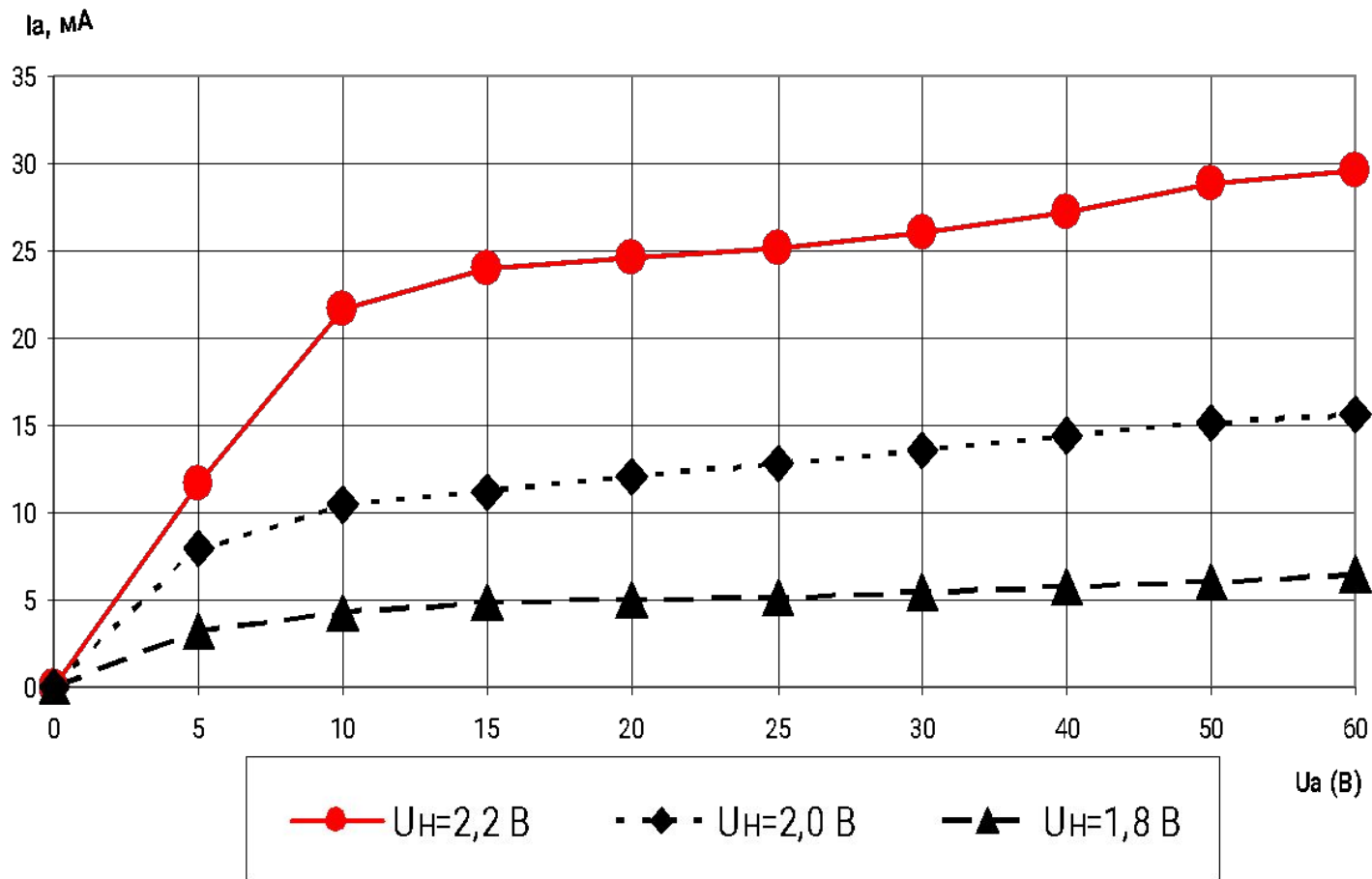
Враховуючи, що

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К,  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж

отримуємо практичну формулу для визначення роботи виходу в електрон-вольтах:

$$A_{вих} (eV) = \frac{8,63 \cdot 10^{-5} T_1 T_2}{T_2 - T_1} \left( \ln \left( \frac{I_{2нас}}{I_{1нас}} \right) - 2 \ln \left( \frac{T_2}{T_1} \right) \right)$$

# Вольт-амперна характеристика діоду (нова лампа)

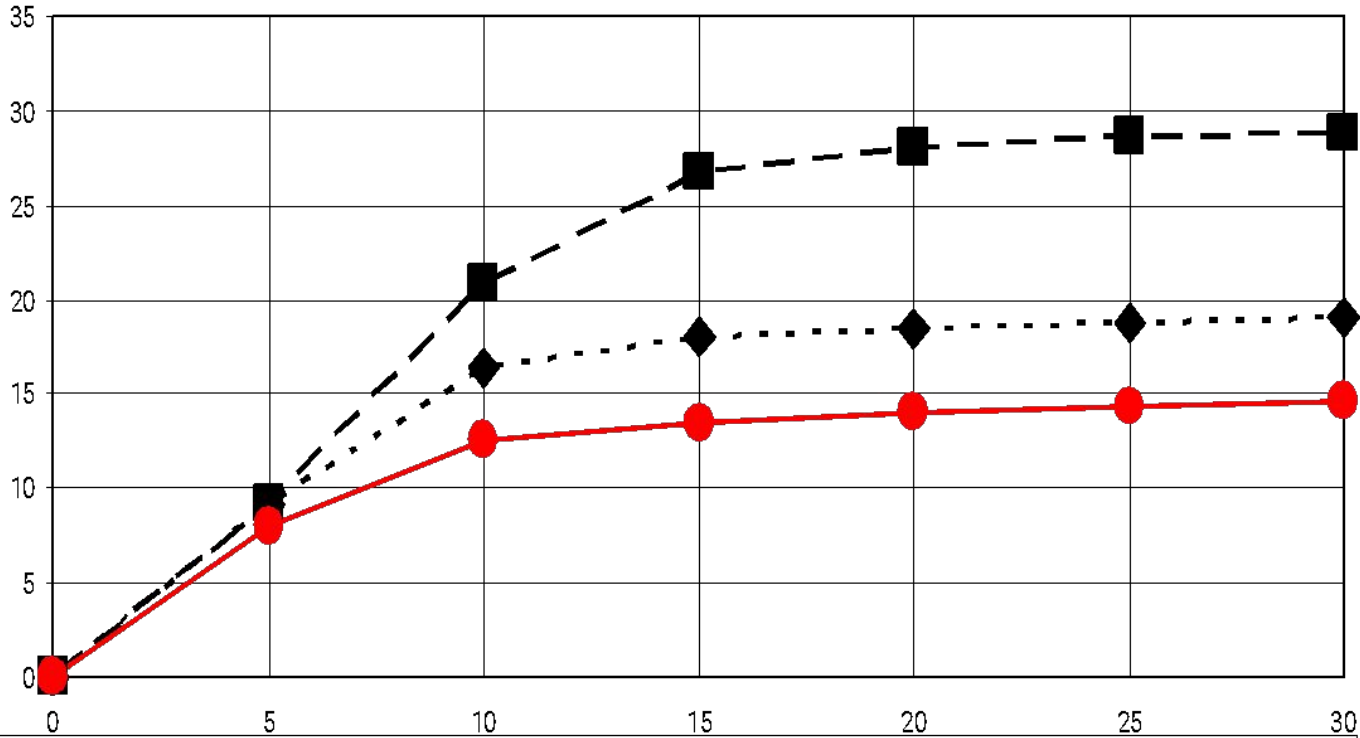


$$A_{\text{вих}} = 0,62 \text{ eV}$$

# Вольт-амперна характеристика діоду з великим терміном експлуатації



$I_a$ , мА



—■—  $U_f=2,6$  В

-◆-  $U_f=2,4$  В

—●—  $U_f=2,2$  В

**Авих = 1,25 еВ**



## ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ КАТОДУ

Залежність опору від температури:  $R_t = R_0 \cdot (1 + \alpha t)$

$R_t$  – опір катоду при температурі  $t^\circ\text{C}$ ;

$R_0$  - опір нитки розжарення катоду при  $t=0^\circ\text{C}$  (для лампи 6Ц4П  $R_0 = 1,3 \text{ Ом}$ )

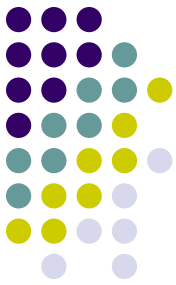
$\alpha$  – температурний коефіцієнт опору (для вольфраму  $\alpha = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ 1/K}$ )

$R_t = U_p / I_p$  (закон Ома)

$T[\text{K}] = t^\circ\text{C} + 273$

**Звідси:**

$$T = \frac{R_t - R_0}{\alpha R_t R_0} + 273$$



Напруга розжарення $U_p$ , В	Струм розжарення $I_p$ , А	Анодний струм насичення $I_{\text{нас}}$ мА	Опір нитки розжарення $R$ , Ом	Температура катоду $T$ , К
<b>Діод з великим терміном експлуатації</b>				
2,6	0,385	28,8	6,75	<b>1147</b>
2,4	0,370	19,0	6,49	<b>1104</b>
<b>2,2</b>	<b>0,355</b>	<b>14,6</b>	<b>6,20</b>	<b>1058</b>
<b>Нова лампа</b>				
<b>2,2</b>	<b>0,360</b>	<b>29,6</b>	<b>6,11</b>	<b>1044</b>
2,0	0,342	15,6	5,85	<b>1002</b>
2,2	0,325	6,4	5,54	<b>952</b>

# ВИСНОВКИ

- Експериментально досліджено явище термоелектронної емісії
- На досліді визначена робота виходу електрона з катоду електронної лампи – діода, в залежності від терміна експлуатації лампи
- Показано, що із збільшенням терміну експлуатації робота виходу електрона збільшується
- Результати роботи можуть бути використані для розрахунку терміну експлуатації електронних приладів, в яких використовуються вакуумні електронні лампи, електронно-променеві трубки та інші пристрої, засновані на явищі термоелектронної емісії
- Електронні вакуумні пристрої можуть мати велике майбутнє





*Дякую за увагу !*