

Презентація з фізики  
на тему: “Надпровідність.  
Перспективи та застосування.  
Надпровідники.

Лампа, діод, транзистор. Електричний  
струм у металах”

учениці 5(9)-А класу

Одеської Маріїнської гімназії

Могорян Юлії

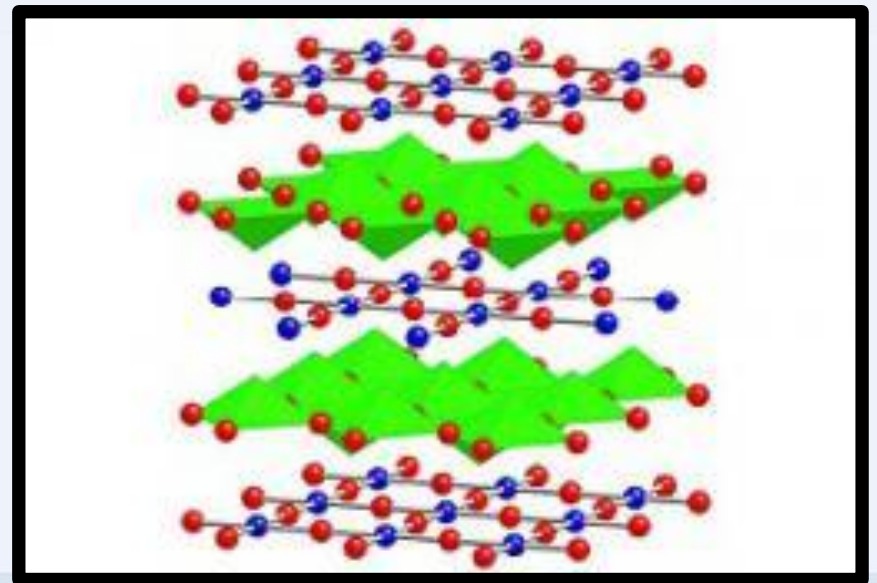
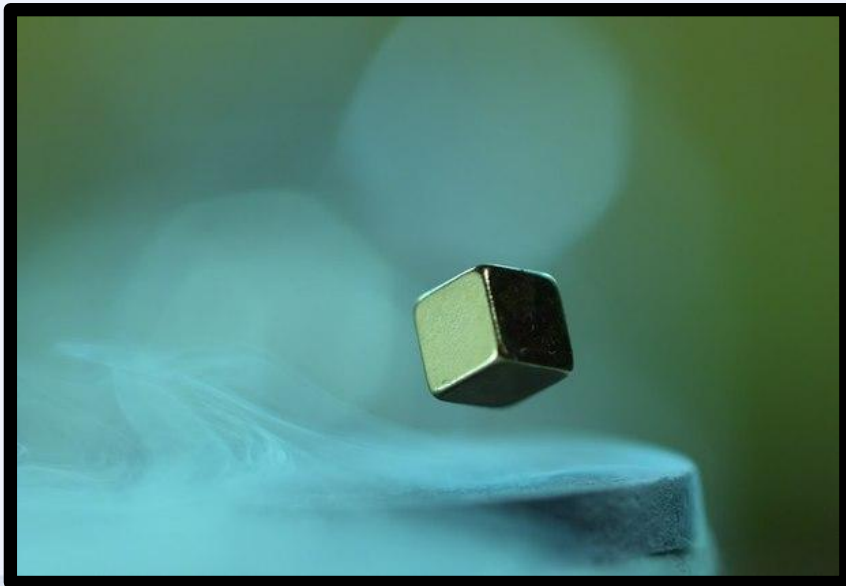
# Мета :

Ознайомитись з такими термінами, як :

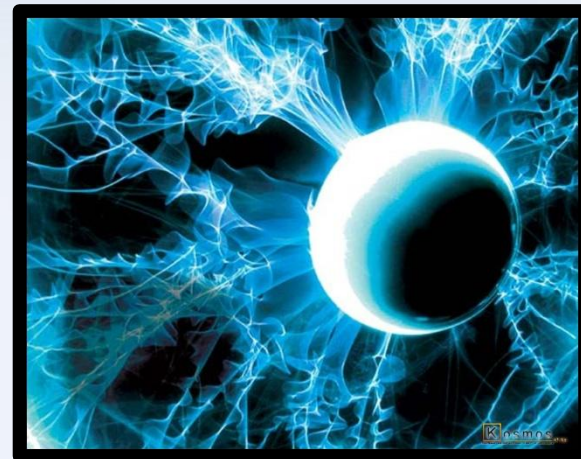
- Надпровідність
- Надпровідник
- Лампа
- Діод
- Транзистор
- Електричний струм

# Надпровідність

**Надпровідність** — квантове явище протікання електричного струму у твердому тілі без втрат, тобто при строго нульовому електричному опорі тіла. Явище надпровідності було відкрито в 1911 році голландським науковцем Камерлінг-Оннесом, лауреатом Нобелівської премії 1913 року. Усього за відкриття в області надпровідності було видано п'ять Нобелівських премій з фізики: в 1913, 1972, 1973, 1987 та 2003 роках.



# Історія



# Передумови відкриття

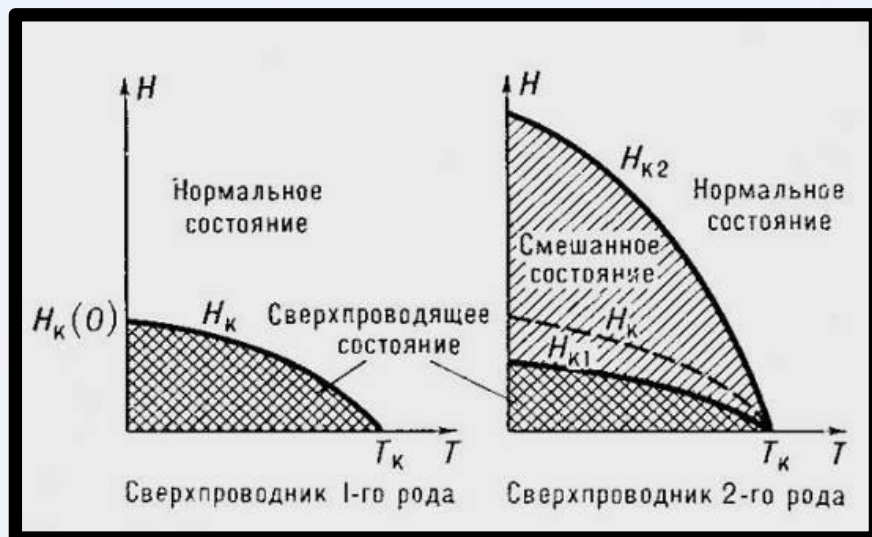
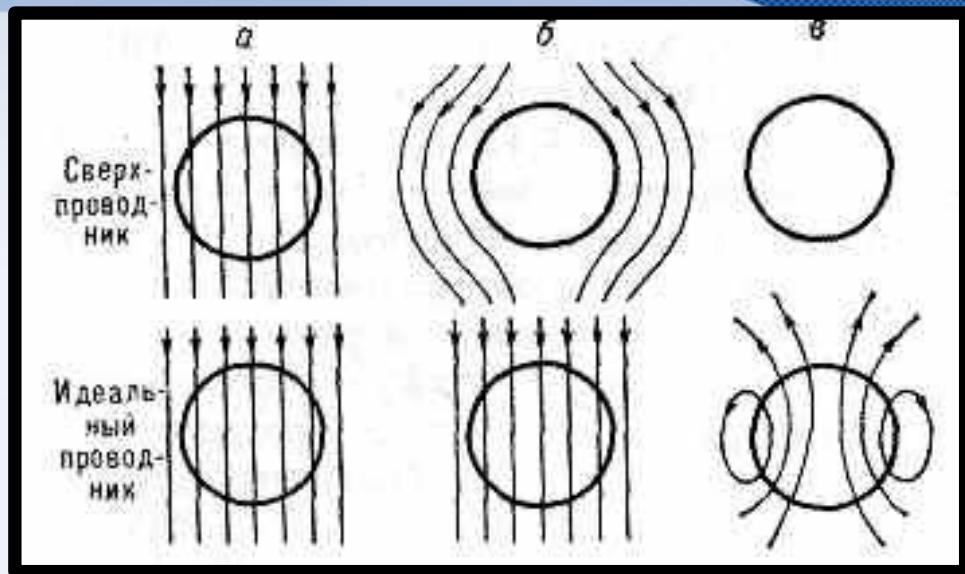
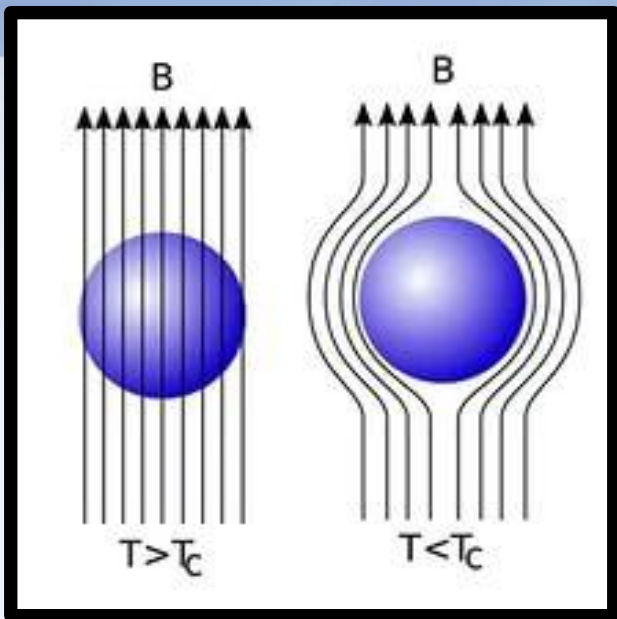
Наприкінці XIX — початку XX століття вже були скраплені багато газів: кисень, азот, водень. Довгий час не піддавався скрапленню гелій, при цьому очікувалось, що він допоможе досягти найнижчої температури.

Успіху в скрапленні гелію досяг Камерлінг-Оннес, який працював в Лейденському університеті (Голландія).

Скраплений гелій дозволив досягти рекордно низької температури — близько 4 К. Отримавши рідкий гелій, Камерлінг-Оннес почав займатись вивченням властивостей різних матеріалів при гелієвих температурах.

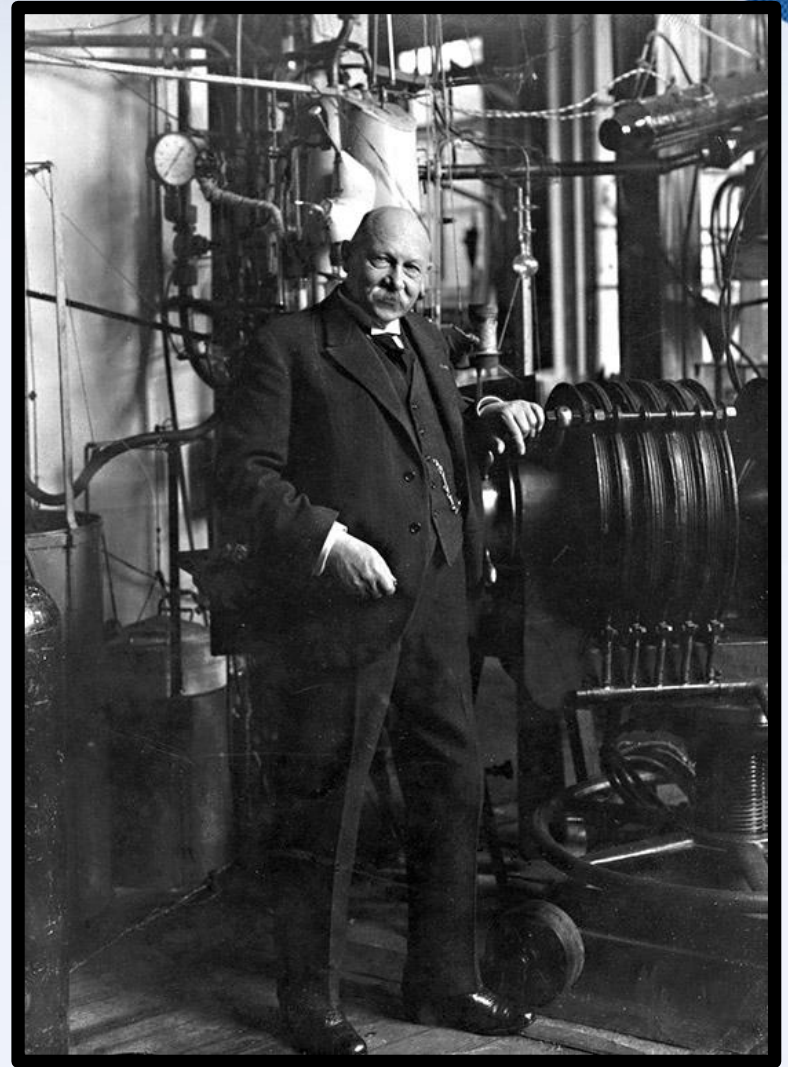
Одним із запитань, які цікавили вченого, було вивчення опору металів при наднизьких температурах. Було відомо, що з ростом температури  $R$  (опір) зростає. Отже, можна очікувати, що зі зменшенням температури  $R$  (опір) буде зменшуватись. А от до якої межі?





# Відкриття надпровідності Камерлінг-Оннесом

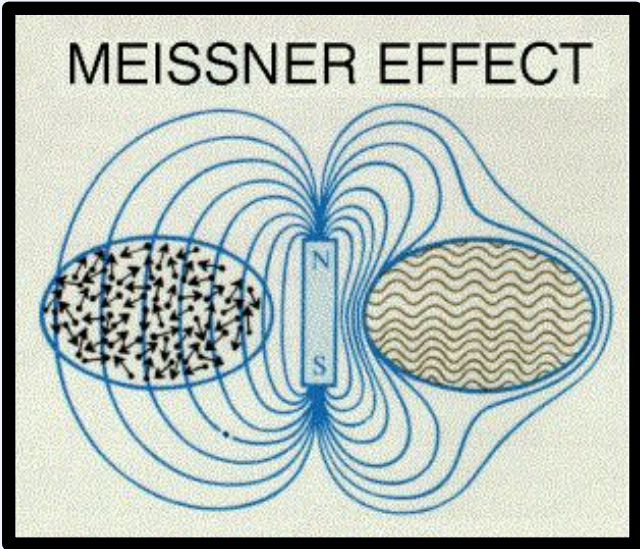
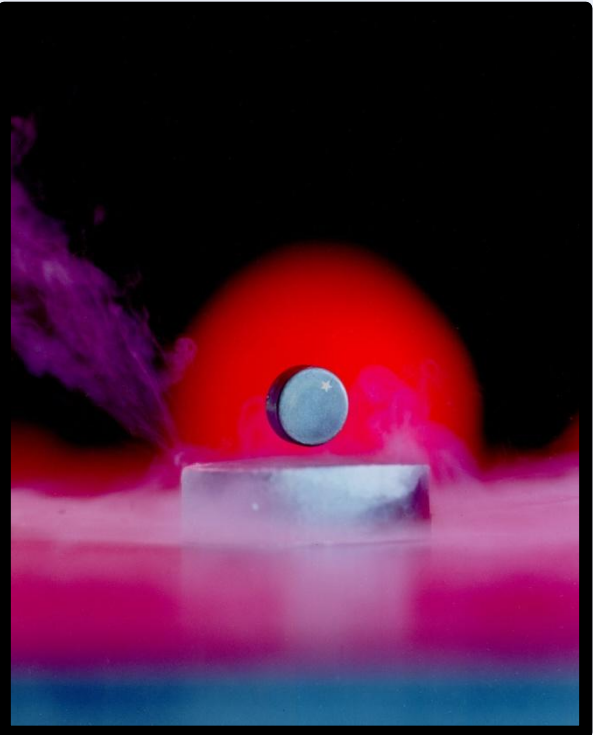
Оннес запропонував оригінальний дослід непрямого визначення, до якого рівня знижується опір. В надпровідному колі збуджувався електричний струм, який, як було встановлено за відхиленням магнітної стрілки, не згасав багато років. За розрахунками питомий опір надпровідника дорівнював близько  $10^{-25}$  Ом•м. Порівнюючи отримане значення з питомим опором міді —  $\rho_{Cu} = 1.5 \cdot 10^{-8}$  Ом•м, видно, що питомий опір надпровідника на 17 порядків менший, тому можна вважати, що опір надпровідника дорівнює 0. Якщо в замкнутому контурі, що знаходиться в надпровідному стані створити електричний струм, то він буде протікати тижні й навіть роки, не зменшуючись.





# Подальший розвиток

Після відкриття Камерлінґ-Оннеса надпровідність було встановлено в інших матеріалах та сплавах. Важливим наріжним каменем в дослідженні властивостей надпровідників було відкриття ідеального діамagnetизму надпровідників (або виштовхування зовнішнього магнітного поля з надпровідника), відомого як ефект Мейснера — Оксенфельда в 1933 році. В 1935 році брати Фріц та Хайнц Лондони запропонували першу теорію надпровідності, яка хоча й була повністю феноменологічною, проте пояснювала ефект Мейснера — Оксенфельда. Наступним кроком була запропонована в 1950 році Віталієм Лазаровичем Гінзбургом та Львом Давидовичем Ландау нова феноменологічна теорія, яка вперше враховувала квантовомеханічну природу явища. В межах цієї теорії Олексієм Абрикосовим в 1957 році було передбачено існування надпровідників II роду. В тому ж році Джон Бардін, Леон Купер та Джон Роберт Шріффер опублікували роботу, в якій дали мікроскопічне пояснення явища надпровідності, яке одержало назву теорії Бардіна — Купера — Шриффера.



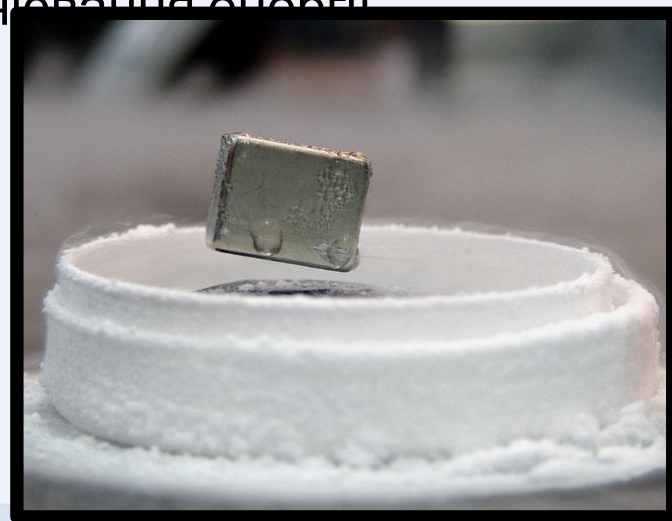
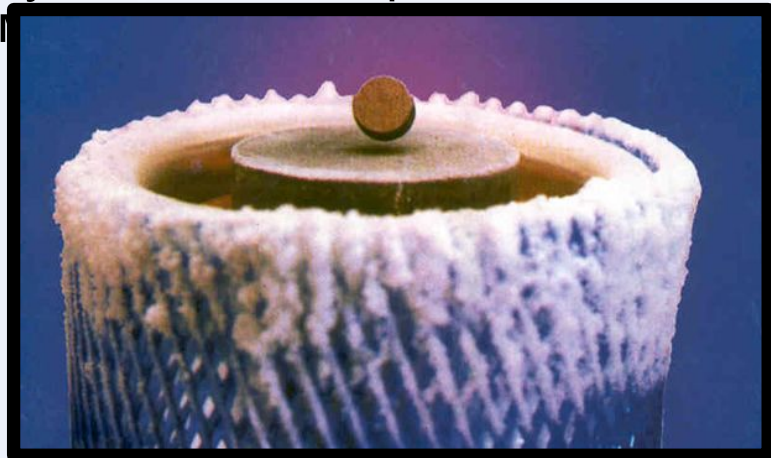
# Властивості надпровідників

Надпровідність характеризується абсолютним діамagnetизмом. У магнітному полі в надпровідному матеріалі виникають такі струми, магнітне поле яких повністю компенсує зовнішнє магнітне поле, тобто магнітне поле виштовхується із надпровідника. Завдяки цій властивості виникає явище левітації надпровідника над магнітом (або магніту над поверхнею надпровідника), яке отримало назву труна Магомета. Сильне магнітне поле руйнує надпровідність. Проте надпровідники розрізняються за своєю поведінкою у відносно сильних магнітних полях, у залежності від поверхневої енергії границі розділу надпровідної й нормальної фаз. У надпровідників I роду ця поверхнева енергія додатня, й надпровідність руйнується, якщо поле перевищує певний рівень, який називається критичним магнітним полем. У надпровідників II роду поверхнева енергія границі розділу нормальної та надпровідної фаз від'ємна, тож магнітне поле, коли його напруженість перевищує певне значення (воно називається першим критичним полем), починає проникати в надпровідник поступово в певних місцях, навколо яких утворюються вихрові струми. Якщо збільшувати магнітне поле далі, то нормальних областей стає дедалі більше, й при критичному полі надпровідність руйнується повністю. Надпровідники другого роду використовуються для створення надпровідних електромагнітів.



# Теорії надпровідності

Явище надпровідності — макроскопічне (видиме) проявлення квантової природи речовини: атомів та електронів. Відомо, що електрони в атомі можуть перебувати тільки у визначених станах, яким відповідають дискретні значення енергії. Таким чином атом може поглинати і випромінювати енергію певними порціями — квантами. Однак, якщо ми перейдемо до макроскопічного тіла, де концентрація електронів перевищує  $10^{22} \text{ см}^{-3}$ , то квантовий характер зміни енергії кожного електрону «змазується» великою кількістю таких електронів, що поглинають або випромінюють енергію, і ми бачимо суцільний спектр поглинання або випромінювання енергії.





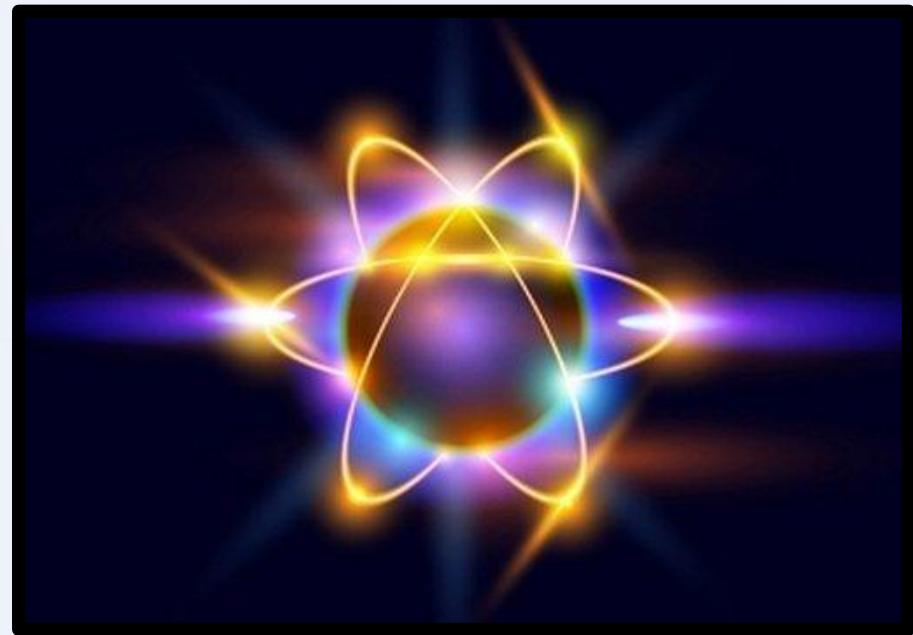
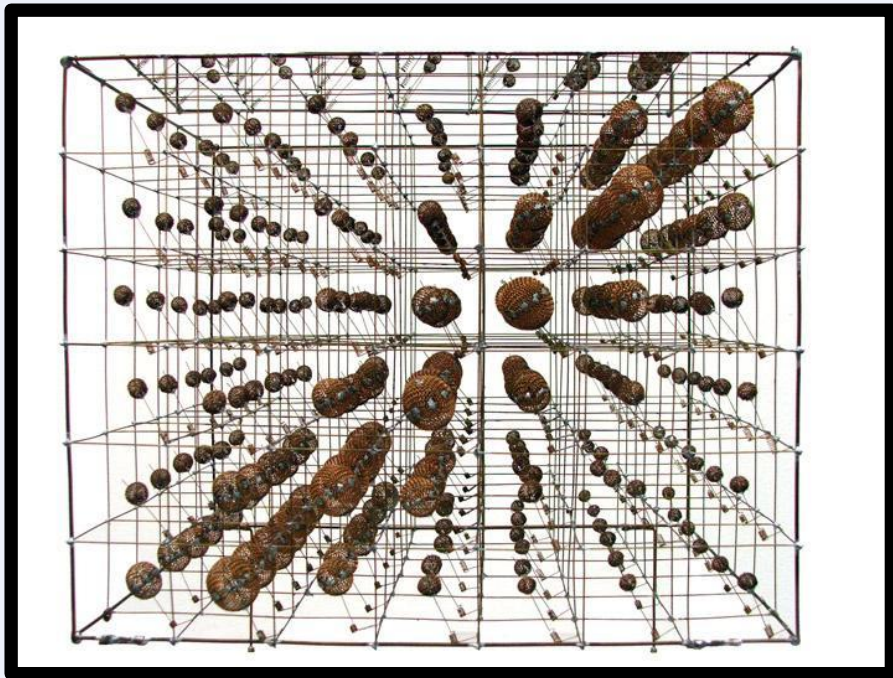
# Квазічастинки в кристалах

- **Фонони**

Між атомами існують пружні сили, що не дозволяють атомам відділятися або наближатися ближче деякого  $r_{\text{крит}}$ . Однак, при кімнатних температурах атоми здійснюють коливання навколо положення рівноваги; таким чином, у ґратці постійно присутній коливальний рух, а кожний атом можна розглядати як маятник, що здійснює рівномірні коливання навколо точки рівноваги. Відміна від класичного маятника полягає в тому, що атом — це «квантовий маятник».

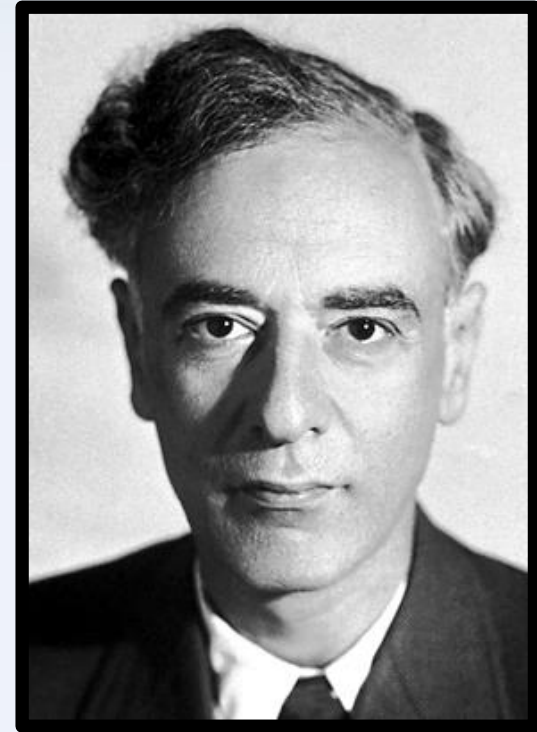
- **Електрони**

Розглянемо рух електронів в металі при кімнатній температурі. Основний вид руху хаотично-тепловий. При цьому середня швидкість  $u = 10^7$  см/с. Цей рух нагадує броунівський рух молекул газу чи рідини. Багато разів за секунду електрон змінює напрямок руху, його енергія і імпульс змінюються при цьому через взаємодію з атомами, тобто з фононами і з іншими електронами. При наявності різниці потенціалів характер руху дещо зміниться: електрони, що хаотично рухалися, набувають направлено руху в напрямку позитивного (вищого) потенціалу. Картину можна уявити як хаотичний рух людей в натовпі, який повільно пересувається в який-небудь бік.



# Теорія Гінзбурга-Ландау

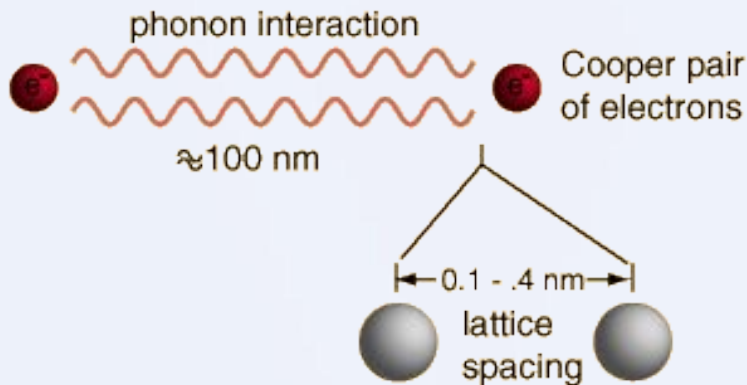
Побудована в 1950 теорія Гінзбурга-Ландау описує надпровідність феноменологічно, за допомогою параметру порядку, який пізніше зв'язали з хвильовою функцією куперівських пар. Теорія дозволила успішно аналізувати поведінку надпровідника в магнітному полі.



$$\mathcal{L} = \frac{\hbar^2}{2m} \nabla\psi\nabla\psi^* + \alpha|\psi|^2 + \beta|\psi|^4$$

# Теорія БКШ

Основною ідеєю теорії БКШ є те, що електрони провідності (вільні носії заряду) при певних температурах з'єднуються в пари, що називаються «куперівськими». Зв'язок в таких парах достатньо сильний, і пари, рухаючись по ґратці, допомагають один одному уникнути розсіювання. Притягування між від'ємно зарядженими електронами важко уявити, оскільки загальновідоме Кулонівське відштовхування між однойменно зарядженими частинками. Однак такі відштовхування безумовно виникають між ізольованими електронами. У ґратці при низьких температурах, коли коливання атомів у вузлах практично зупинилось, може спостерігатись інше явище.





# Застосування явища надпровідності

Найбільш широке реальне застосування надпровідність знаходить при створенні великих електромагнітних систем. Уже в 80-х рр. минулого століття в СРСР був здійснений запуск першої в світі установки термоядерного синтезу Т-7 з надпровідними котушками тороїдального магнітного поля.

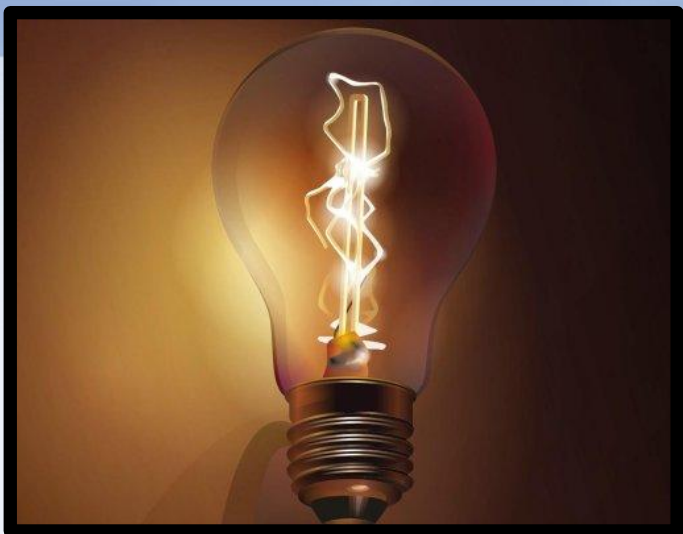
В останні роки явище надпровідності все більш широко використовується при розробці турбогенераторів, електродвигунів, уніполярних машин, топологічних генераторів, жорстких і гнучких кабелів, комутаційних і токоограничуючих пристроїв, магнітних сепараторів, транспортних систем та ін. Слід також зазначити такий напрямок у роботах з надпровідності як створення пристроїв для вимірювання температур, витрат, рівнів, тисків і т.д.



# Лампа

## Загальне освітлення :

- **Лампа електрична** — електричне джерело світла, яке перетворює енергію струму на видиме світло
- **Лампа розжарення** — джерело світла, основним компонентом якого є вольфрамова нитка розжарення
- **Лампа галогенова** — те саме як і лампа розжарення, але колба лампи заповнена інертним газом для захисту та відновлення вольфрамової нитки
- **Лампа газорозрядна** — джерело світла або випромінювання, в якому використовується газовий розряд
- **Лампа люмінісцентна** — газорозрядна лампа на парах ртуті, світить в ультрафіолетовому діапазоні, завдяки люмінофору, ультрафіолетове випромінювання перетворює у видиме світло
- **Лампа світлодіодна** — лампа на основі світлодіодів.
- **Лампа дугова** — використовується електрична дуга для створення могутніх джерел світла
- **Олійна лампа** — найстаріший штучний пристрій для освітлення.



Лампа  
електрична



Лампа  
електрична



Лампа  
галогенова



Лампа  
газорозрядна

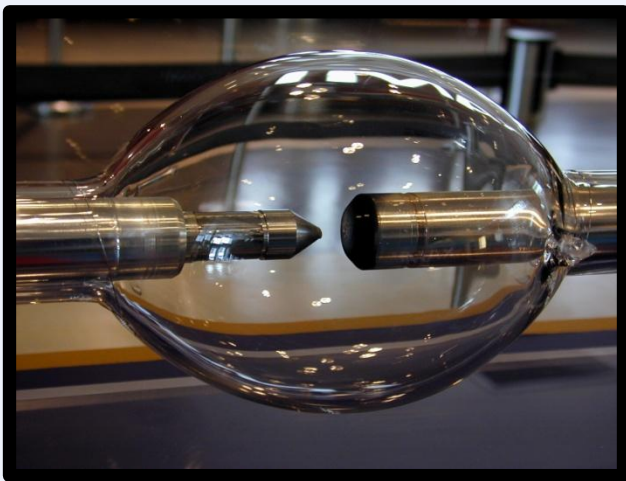




Лампа  
люмінесцентна



Лампа  
світлодіодна



Лампа  
дугова

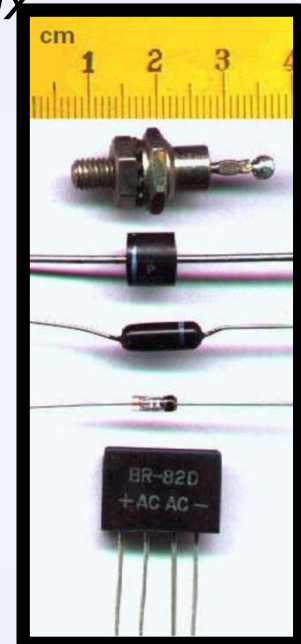
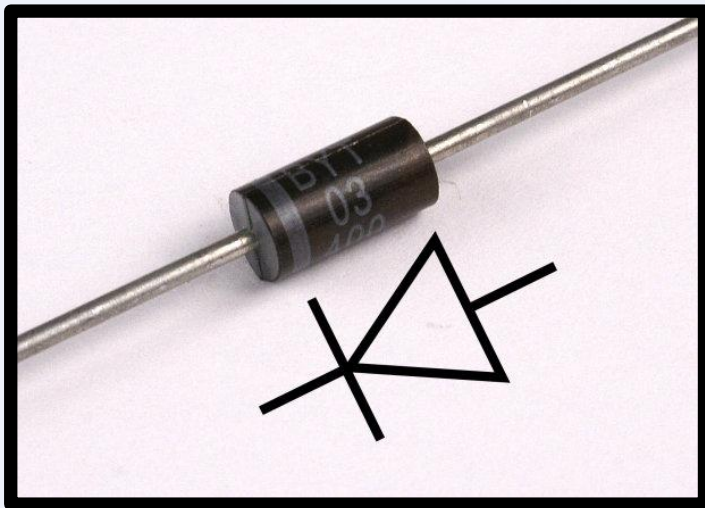


Олійна  
лампа



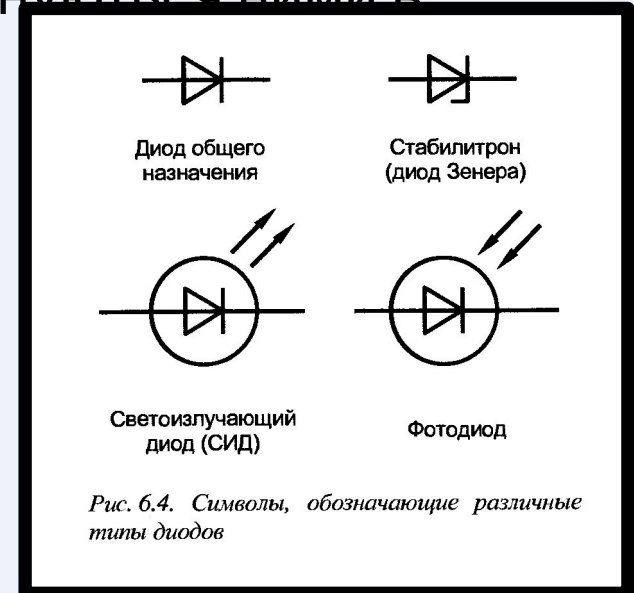
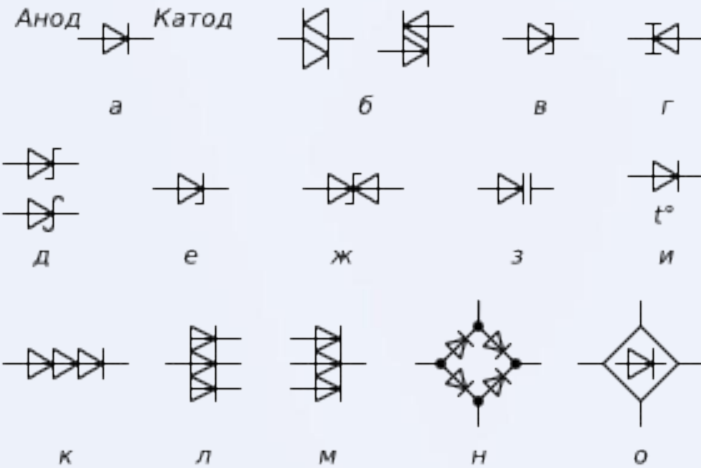
# Діод

**Діод** — електронний прилад з двома електродами, що пропускає електричний струм лише в одному напрямі. Застосовується у радіотехніці, електроніці, енергетиці та в інших галузях, переважно для випрямлення змінного електричного струму, детектування, перетворення та помноження частоти, а також для переключення електричних кіл. Назву «діод» запропонував у 1919 році Вільям Генрі Еклз, утворивши її від грецької частки *ді-*, яка означає *два* та грец. *ὄδος* — *шлях*.



# Види діодів

За фізичними принципами реалізації своїх функцій діоди як електронні прилади бувають електровакуумними, які виготовляють у вигляді електронних (електровакuumних) ламп (електровакuumні діоди) або газорозрядних (газонаповнених) приладів (газорозрядні вентилі) та напівпровідниковими. Кожен з видів поділяється на низку підвидів, залежно від функцій, що виконуються ними в електричних колах.



# Історія

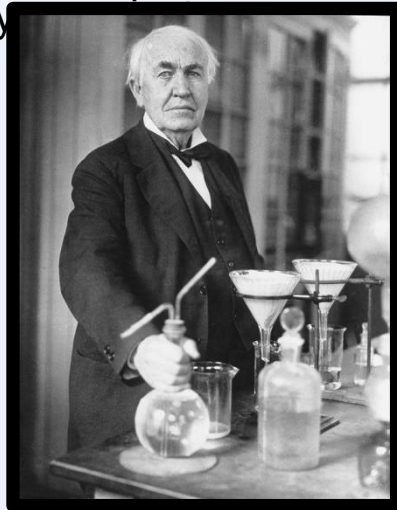
У 1873 Фредерік Ґутрай відкрив принцип функціонування вакуумного діода. Підносячи розжарений метал до додатно зарядженого електроскопа, і не торкаючись його, він зміг розрядити електроскоп, а з від'ємно зарядженим електроскопом такого не траплялося. Це відкриття незалежно повторив Томас Едісон у 1880 році. У часи цього відкриття було незрозуміло, як можна використати цей ефект, але Едісон на всякий випадок запатентував винайдений пристрій.

Через 20 років Джон Амброс Флемінг збагнув, що ефект односторонньої провідності можна використати в радіо. Він запатентував свій винахід у 1904 році — в Британії, а в 1905 році — в США.

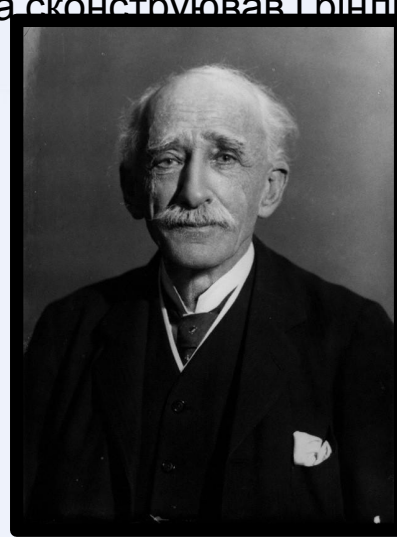
Принцип роботи напівпровідникового діода відкрив у 1874 році Карл Фердинанд Браун. Перший радіоприймач з використанням кристалічного діода сконструював Грінліф Віттор Пікерл. Свій винахід він запатентував у 1906 році.



Фредерік  
Ґутрай



Томас  
Едісон



Джон Амброс  
Флемінг



Карл Фердинанд  
Браун

# Виготовлення

Діоди виготовляють з кремнію, германію, селену та інших напівпровідників.

Розглянемо способи утворення р-n-переходу в діоді. Цей перехід не вдається одержати механічним з'єднанням напівпровідників, бо відстань між р- і n-областями має бути не більшою від міжатомних відстаней. Тому основними методами одержання р-n-переходів є сплавлення і дифузія.

Розглянемо германієвий діод з n-електропровідністю. При високій температурі в нього вплавляють індій, внаслідок чого утворюється ділянка з р-електропровідністю. На межі цих ділянок утворюється р-n-перехід.



# Використання

Діоди широко використовуються в електротехніці, електроніці та радіотехніці. З різною метою, в залежності від їх характеристик.

Властивість діода — проводити струм лише в одному напрямку, застосовують у випрямлячах — для перетворення змінного струму на постійний.

Діоди використовуються при демодуляції амплітудно-модульованого радіосигналу, тобто виділення низькочастотної складової з високочастотного сигналу.

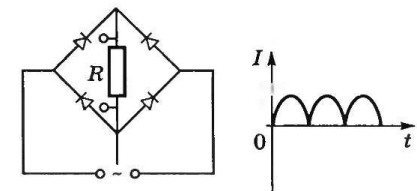
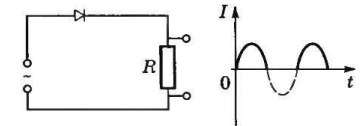
Разом із іншими електронними компонентами, діоди можуть використовуватися для створення AND і OR логічних елементів.

Світлодіоди використовуються як джерела світла, а фотодіоди — як його індикатори.



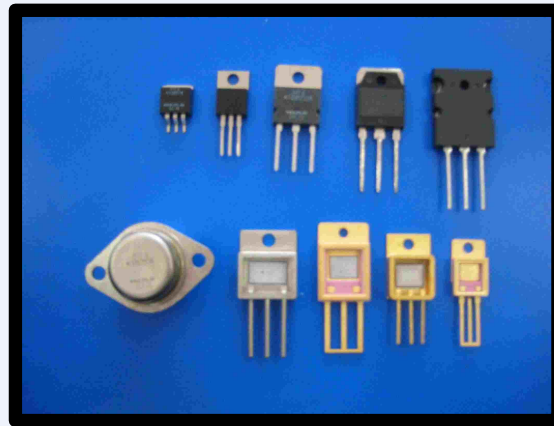
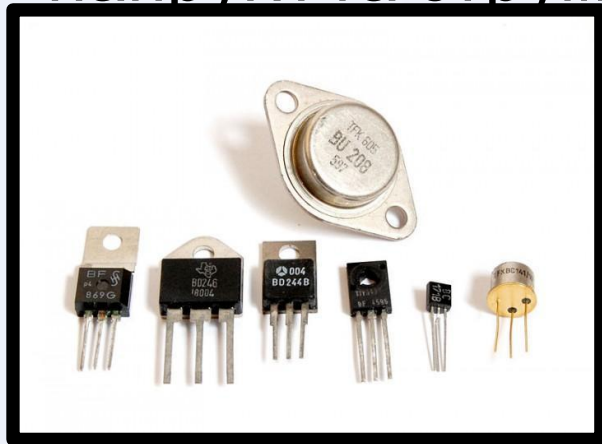
## Використання напівпровідникових діодів

- Уся сучасна електронна техніка



# Транзистор

Транзистор— напівпровідниковий елемент електронної техніки, який дозволяє керувати струмом, що протікає через нього, за допомогою зміни вхідної напруги або струму, поданих на базу, або інший електрод. Невелика зміна вхідних величин може приводити до суттєво більшої зміни вихідної напруги та струму.



# Історія

Перший патент на польовий транзистор отримав у 1925 році в Канаді уродженець Львова Юліус Едгар Лілієнфельд, однак він не опублікував жодних досліджень, пов'язаних із своїм винаходом. У 1934 році німецький фізик Оскар Гайль запатентував ще один польовий транзистор. У 1947 році Джон Бардін та Волтер Браттейн із AT&T Bell Labs відкрили ефект підсилення в кристалі германію. Вільям Шоклі побачив у цьому явищі значний потенціал. Завдяки своїй роботі над новим явищем він може вважатися батьком транзистора. Термін «транзистор» запропонував Джон Пірс.

У 1956 році Бардін, Шоклі і Браттейн отримали за винахід транзистора Нобелівську премію.

Перший кремнієвий транзистор виготовили в Texas Instruments у 1954. Це зробив Гордон Тіл, фахівець із вирощування кристалів високої чистоти, який раніше працював у Bell Labs. Перший МОН-транзистор зробили Канг та Аталла в Bell Labs у 1960.

У 50-х та 60-х роках 20 ст. транзистори швидко витіснили вакуумні лампи майже з усіх областей застосування, завдяки своїй компактності, технологічності, довговічності та можливості інтегрування у великі й надвеликі електронні схеми.



Джон Бардін, Вільям Шоклі та Волтер Браттейн

# Різновиди

- Біполярні транзистори
- Польові транзистори
- Фототранзистор
- Одноперехідний транзистор
- Багатоемітерний транзистор
- Транзистор Шотткі



# Характеристики

Оскільки транзистор має три електроди, то для кожного із струмів через два електроди транзистора, існує сімейство вольт-амперних характеристик при різних значеннях напруги на третьому електроді, або струму, який протікає через нього.

У багатьох застосуваннях важливі частотні характеристики транзисторів — швидкість перемикування між різними станами.

# Застосування

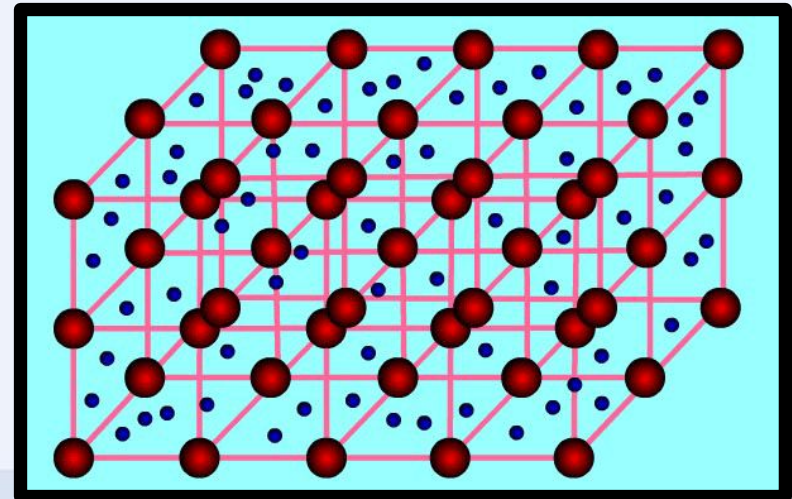
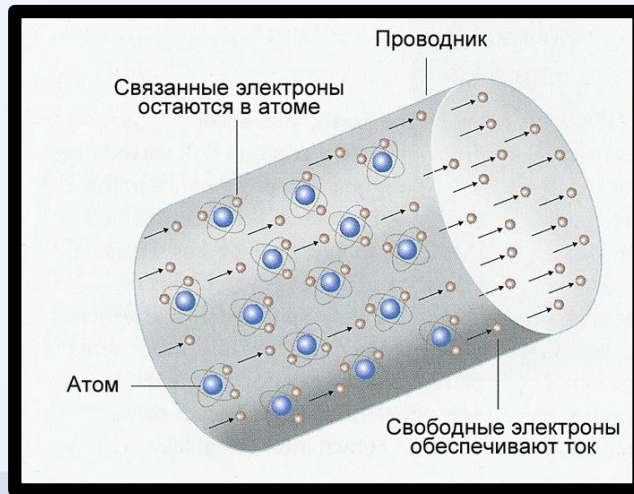
Транзистор має два основні застосування: як підсилювач і як перемикач.

Підсилювальні властивості транзистора зв'язані з його здатністю контролювати великий струм між двома електродами за допомогою малого струму між двома іншими електродами. Таким чином малі зміни величини сигналу в одному електричному колі можуть відтворюватися з більшою амплітудою в іншому колі.

Використання транзистора як перемикача пов'язане з тим, що приклавши відповідну напругу до одного з його виводів, можна зменшити практично до нуля струм між двома іншими виводами, що називають запиранням транзистора. Цю властивість використовують для побудови логічних вентилів.

# Електричний струм у металах

Негативний заряд всіх вільних електронів за абсолютним значенням дорівнює позитивному заряду всіх іонів решітки. Тому в звичайних умовах метал електрично нейтральний. Вільні електрони в ньому рухаються безладно. Але якщо в металі створити електричне поле, то вільні електрони почнуть рухатися направлено під дією електричних сил. Виникне електричний струм. Безладний рух електронів при цьому зберігається, подібно тому як зберігається безладний рух в зграйці мошкари, коли під дією вітру вона переміщається в одному напрямку. Отже, електричний струм у металах являє собою впорядкований рух вільних електронів.



**Дякую за увагу!**