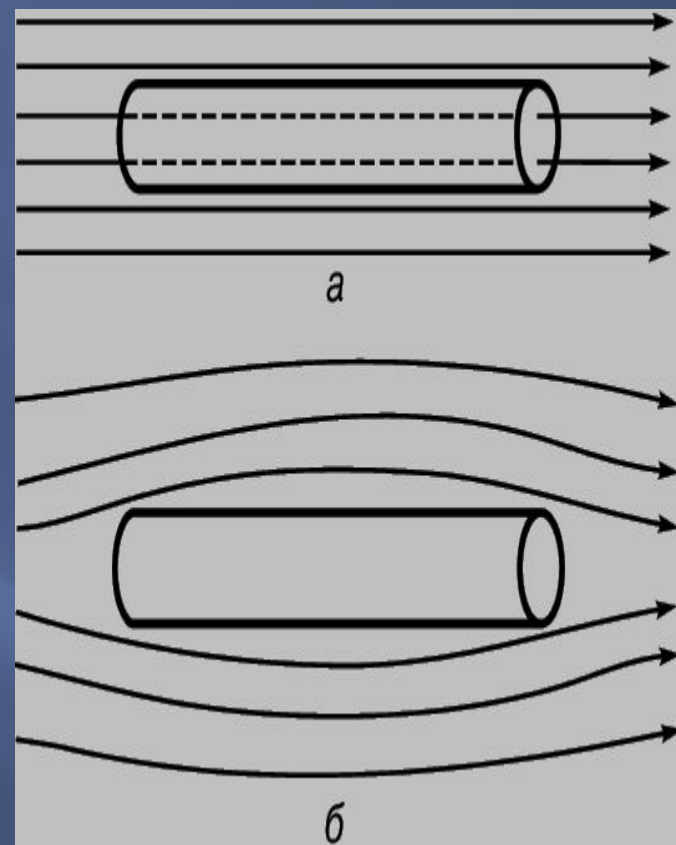


СПРС
З ФІЗИКИ
НА ТЕМУ:
“ НАДПРОВІДНИКИ ”

Виконала:
студентка 1 курсу, IV групи
Сікотовська Аліна

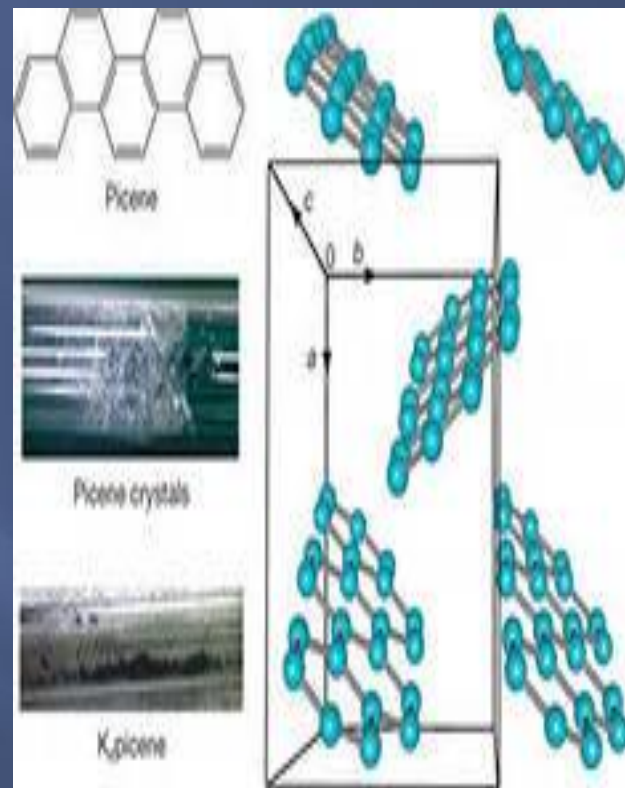
Надпровідність — квантове явище протікання електричного струму у твердому тілі без втрат. Явище надпровідності було відкрито^[1] в 1911 році голландським науковцем Камерлінг-Оннесом, лауреатом Нобелівської премії 1913 року. Усього за відкриття в області надпровідності було видано п'ять Нобелівських премій з фізики: в 1913, 1972, 1973, 1987 та 2003 роках.



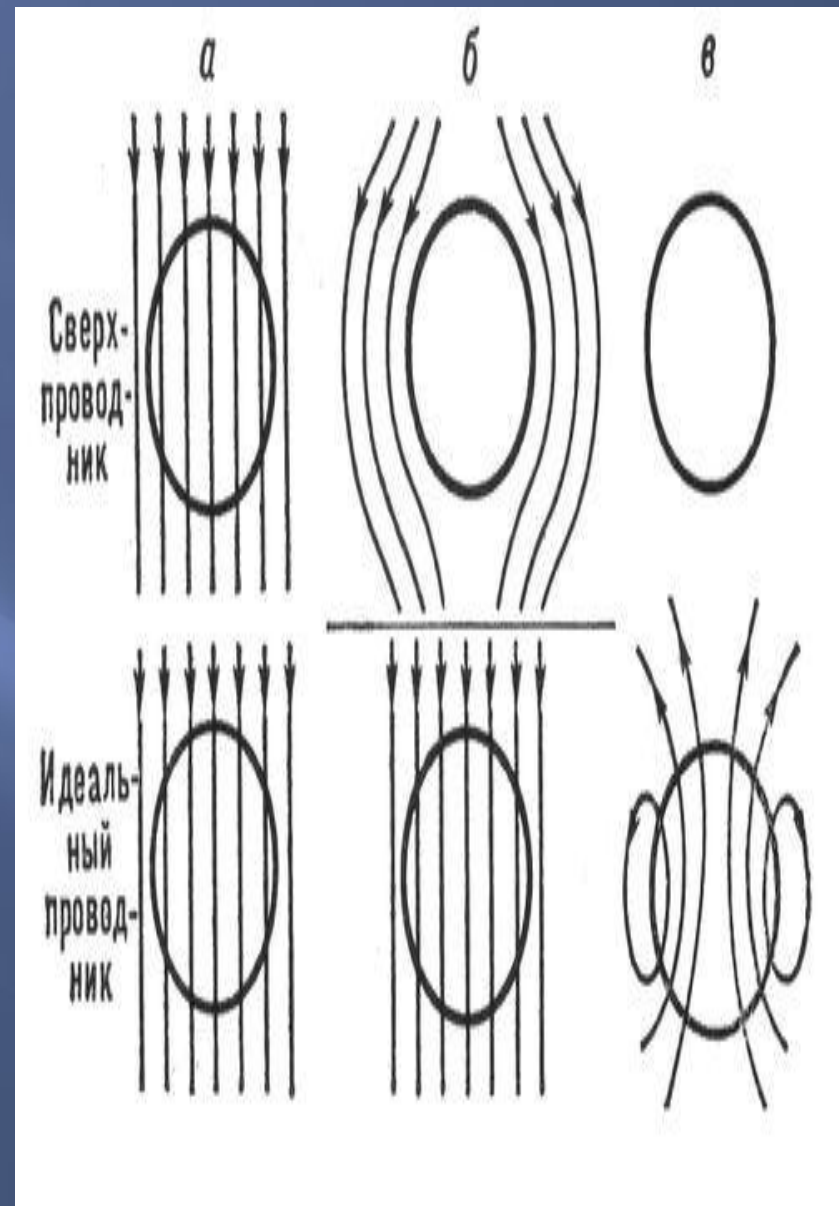
Явище надпровідності існує для низки матеріалів, не обов'язково добрих провідників при звичайних температурах.

Перехід до надпровідного стану відбувається при певній температурі, яку називають критичною температурою надпровідного переходу.

Надпровідність, проте, може бути зруйнована, якщо помістити зразок у зовнішнє магнітне поле, яке перевищує певне критичне значення. Це критичне магнітне поле зменшується при збільшенні



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.



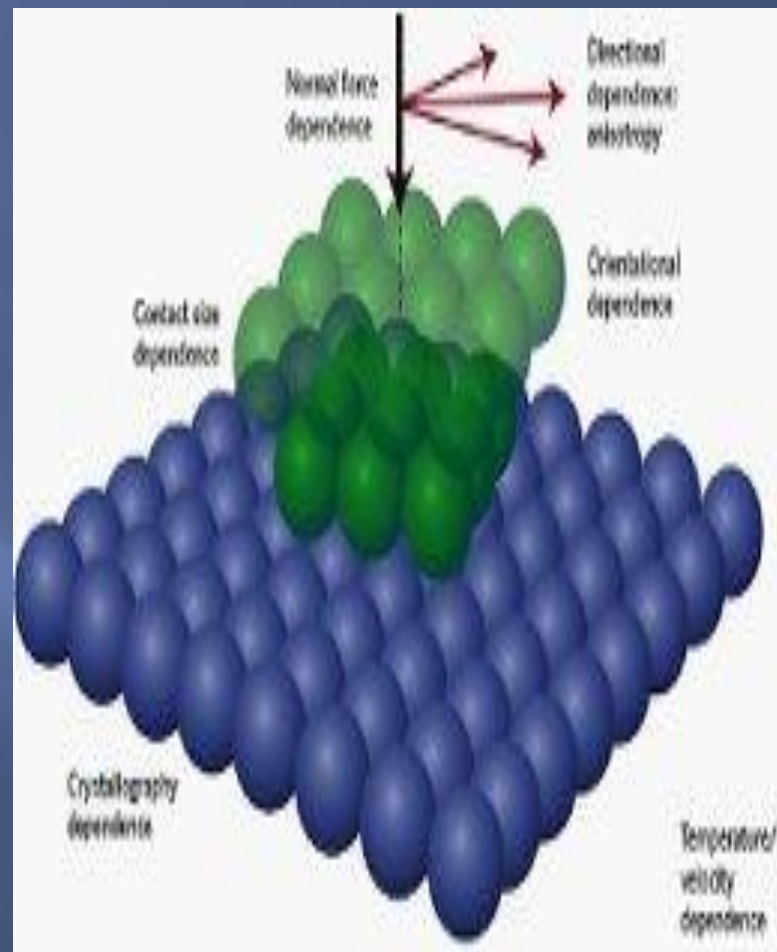
Одним із запитань, які цікавили вченого, було вивчення опору металів при наднизьких температурах. Було відомо, що з ростом температури R (опір) зростає. Отже, можна очікувати, що із зменшенням температури R (опір) буде зменшуватись. А от до якої межі?



Тут могло б бути три варіанти:

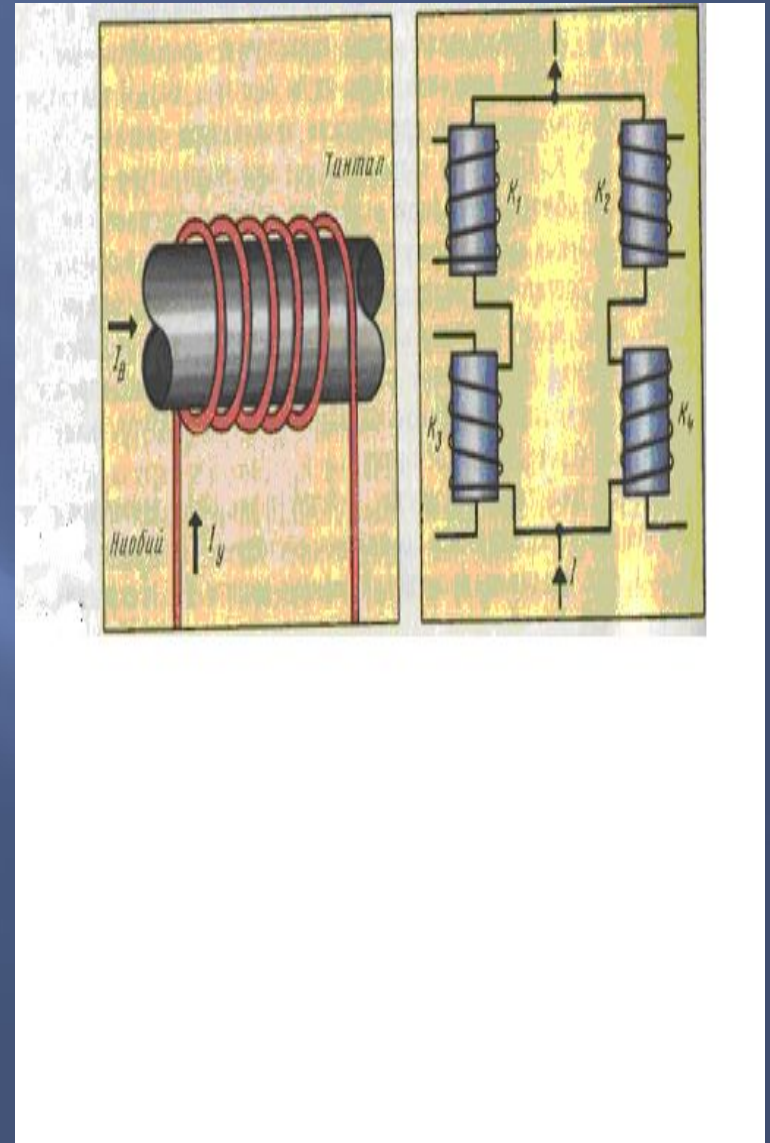
1. При абсолютному нулі $R \rightarrow 0$. Дійсно, струм — це потік електронів, що проходить через кристалічну ґратку провідника. При ненульових температурах атоми в ґратці здійснюють коливання навколо центру рівноваги, між вільними електронами та атомами відбувається зіткнення (розсіювання). Звернемо увагу на два наслідки такого зіткнення. По-перше, електрони втрачають свою енергію, отриману від електричного поля джерела ЕРС. По-друге, вони відхиляються від початкового напрямку. Ці два наслідки відображаються в зменшенні струму, тобто в виникненні опору. При зниженні температури амплітуда коливань атомів зменшується, а значить, зменшується і ймовірність розсіювання на них електронів, тобто падає опір. Така модель довгий час задовольняла фізиків і якби залежність $R(T)$ пішла б по цьому варіанту, то це сприйнялося б із розумінням.

2. Однак критики попередньої теорії звертали увагу на те, що опір Робумовлений зіткненням електронів не тільки з атомами, що коливаються. Електрони з успіхом можуть розсіюватися і на нерухомих атомах. Тобто, розсіювання зменшиться, але зовсім не зникне, тому $R \neq 0$. Крім того існує можливість розсіювання електронів на дефектах

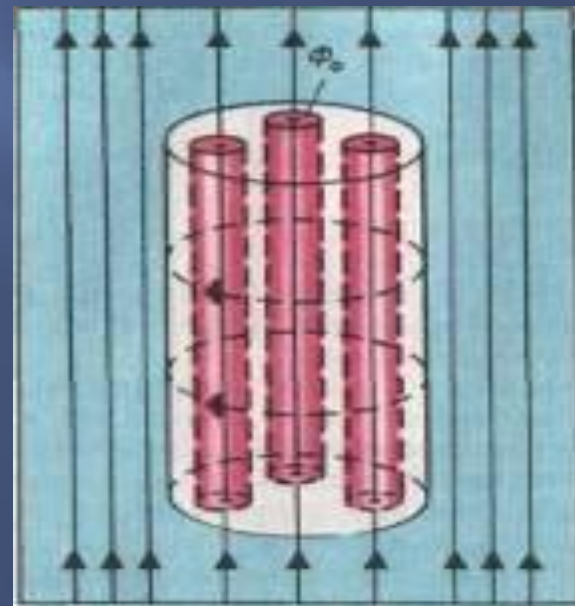


3. Третій варіант:
електрони
«заморожуються» на
атомних орбітах.
Електронів провідності не
залишається, опір зростає
до нескінченності (∞).

Отже, теоретично можна
було припустити різні
варіанти, але реальність,
як часто буває,
суперечить всім планам і
теоріям.

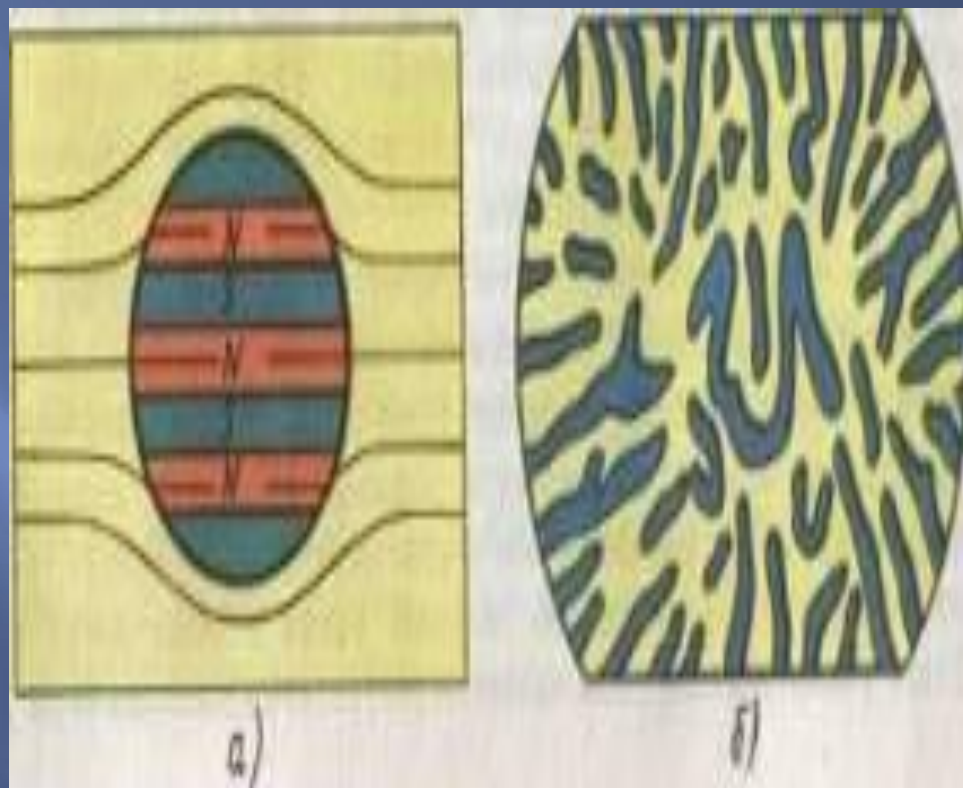


Експериментуючи зі ртуттю Камерлінг - Оннес довів її до замерзання і продовжив знижувати температуру. При досягненні $T = 4,2^{\circ} \text{K}$ прилад перестав фіксувати опір. Оннес міняв прилади в дослідній установці, оскільки побоювався їхньої несправності, але прилади незмінно показували нульовий опір, незважаючи на те,



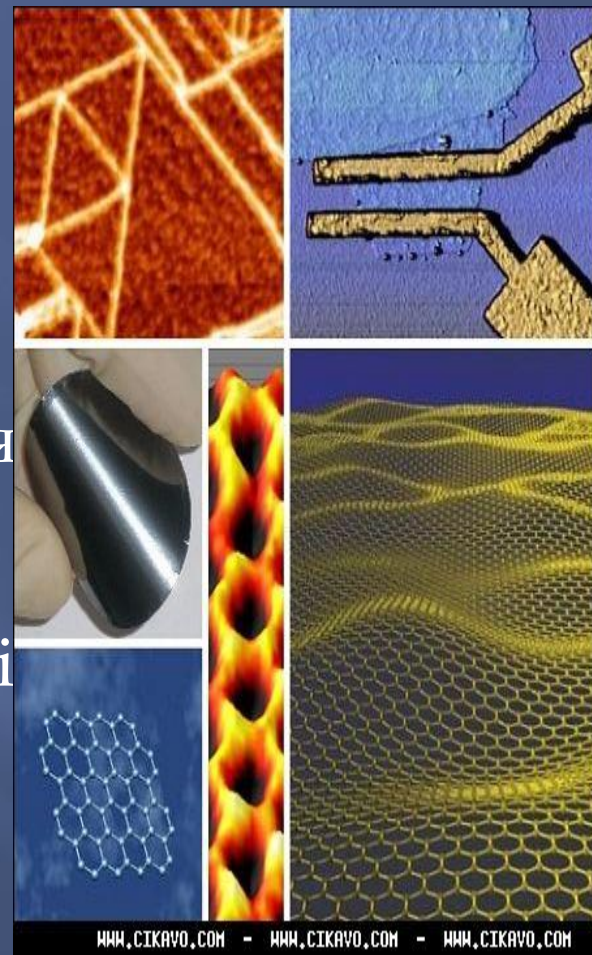
Після відкриття надпровідності в ртуті з'явилась велика кількість запитань:

- чи надпровідність властива ртуті й іншим матеріалам? ;
- опір знижується до нуля або ж він настільки малий, що прилади, які існують, не можуть його виміряти, і багато інших.

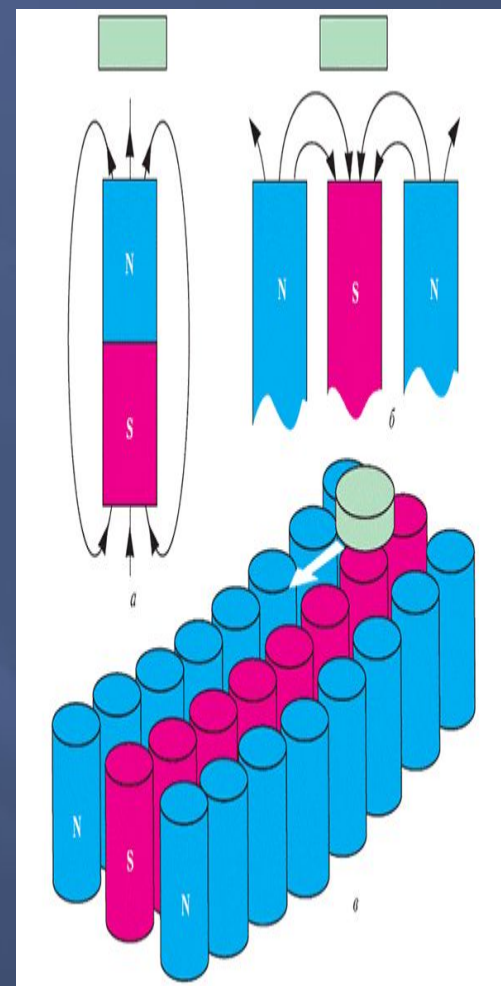


Оннес запропонував оригінальний дослід непрямого визначення, до якого рівня знижується опір. В надпровідному колі збуджувався електричний струм, який, як було встановлено за відхиленням магнітної стрілки, не згасав багато років. За розрахунками питомий опір надпровідника дорівнював близько 10^{-25} Ом•м. Порівнюючи отримане значення з питомим опором міді — $\rho_{\text{Cu}} = 1.5 \cdot 10^{-8}$ 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

Після відкриття Камерлінг - 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 Лондоні запропонували першу теорію надпровідності, яка хоча й була повністю феноменологічною, проте пояснювала ефект Мейснера - Оксенфельда.



Наступним кроком була запропонована в 1950 році Віталієм Лазаревичем Гінзбургом та Львом Давидовичем Ландау нова феноменологічна теорія, яка вперше враховувала квантово-механічну 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 –



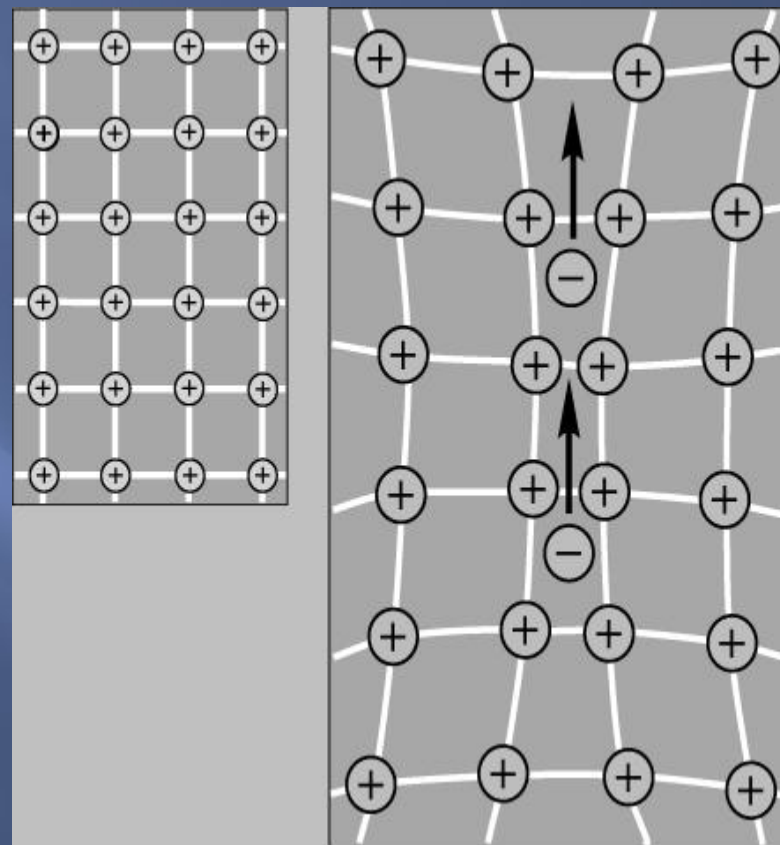
Надпровідність характеризується абсолютним діамagnetизмом. У магнітному полі в надпровідному матеріалі виникають такі струми, магнітне поле яких повністю компенсує зовнішнє магнітне поле, тобто магнітне поле виштовхується із надпровідника. Завдяки цій властості виникає явище левітації надпровідника над магнітом (або магніта 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 додання, 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 (див. Абрикосівський вихор). Якщо збільшувати магнітне поле далі, то нормальних областей стає дедалі більше, й при критичному полі надпровідність руйнується повністю.

Надпровідники другого роду використовуються

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} см^{-3} , то квантовий характер зміни енергії кожного електрону «змазується» великою кількістю таких електронів, що поглинають або випромінюють енергію, і ми бачимо

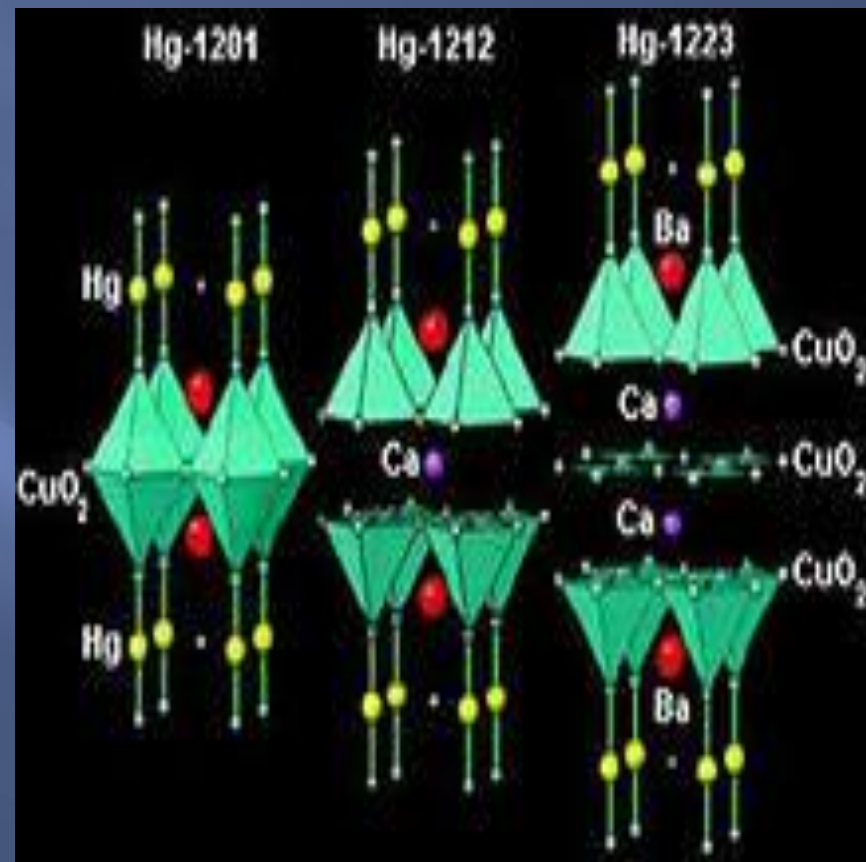
Побудована в 1950 теорія Гінзбурга-Ландау описує надпровідність феноменологічно, за допомогою параметру порядку, який пізніше зв'язали з хвильовою функцією куперівських пар. Теорія дозволила успішно аналізувати поведінку надпровідника в магнітному полі.

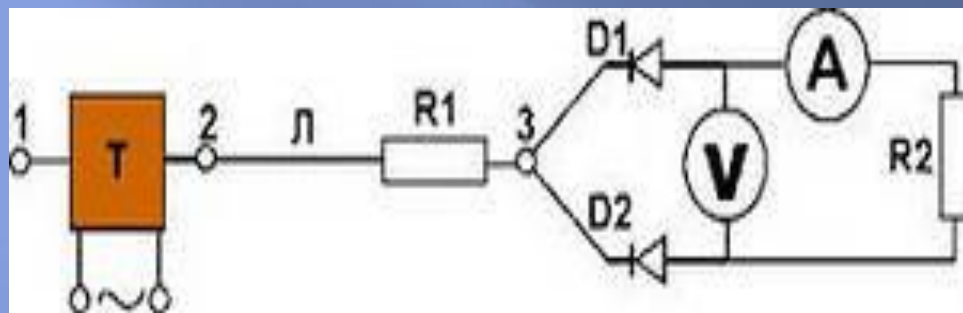


Надпровідність – надзвичайно цікаве й деякою мірою загадкове фізичне явище, практичне застосування якого має принести людству незліченні здобутки. Надпровідний струм є бездисипативним, тобто при протіканні постійного струму в надпровіднику не виникають звичайні резистивні втрати. Це причина, завдяки якій використання надпровідних пристроїв виявляється одним з найбільш важливих і перспективних шляхів



Оцінки показують, що застосування надпровідності дозволить зменшити втрати під час генерації, передачі, трансформації та використанні електроенергії з приблизно 30-35% до 1-2%, що є рівнозначним побудові кількох нових потужних електростанцій в Україні.





Элемент	$T_{кр}, K$	$H_0, \times 10^4 A/m$
алюминий	1.2	0.79
свинец	7.2	6.4
тантал	4.5	6.6
олово	3.7	2.4
цинк	0.9	0.42

