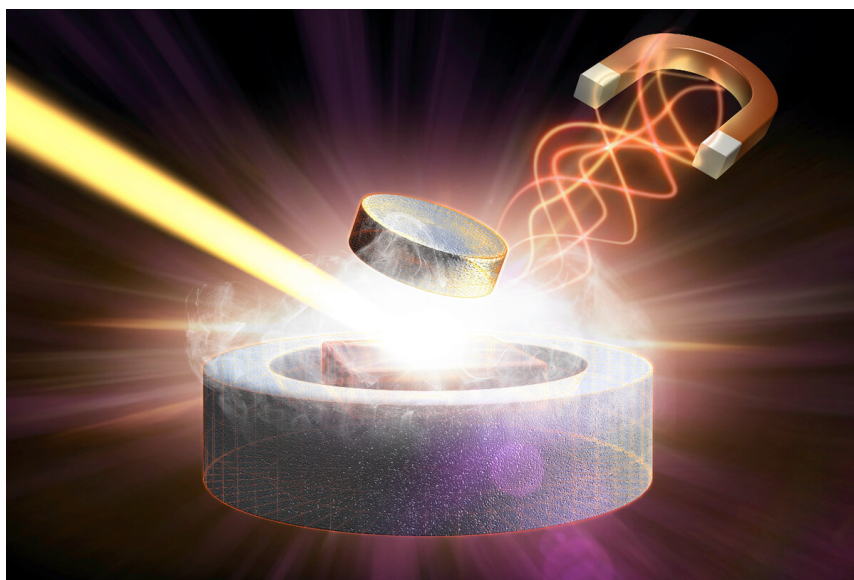




Сверхпроводимость: как её объясняет квантовая механика?

21 сентября 2023 · 243 прочитали

1908 год стал значимым в истории науки благодаря работам голландского физика Хейке Оннеса. Он смог превратить газообразный гелий в жидкость, что стало настоящим прорывом. Стоит отметить, что гелий переходит в жидкую форму при крайне низкой температуре, всего на 4 градуса выше абсолютного нуля. Позднее, используя жидкий гелий как охладитель, он охладил образец ртути и обнаружил, что при определенной низкой температуре ртуть стала сверхпроводящей, это означает, что при прохождении электрического тока через неё не происходит потерь энергии. Этот результат противоречил прежним представлениям о электропроводности материалов.



Яндекс.Картинки

В 1913 году Хейке Оннес был удостоен Нобелевской премии по физике за открытие сверхпроводимости — удивительного состояния вещества, когда электричество передается без какого-либо сопротивления. Обычно электроны сталкиваются с атомами при прохождении через материал, вызывая потерю энергии. Однако в состоянии сверхпроводимости электроны движутся, как будто атомов нет на их пути. Действительно, свойства этого вещества таковы, что если вы запустите ток в сверхпроводящий провод, образующий петлю, этот ток будет течь бесконечно долго без дополнительного напряжения или источника питания. К тому же, сверхпроводники отталкивают магнитные поля, заставляя магниты подниматься над ними. Эти удивительные свойства до сих пор поражают ученых, и они продолжают исследовать механизмы этого явления.

Хотя ученые давно предполагали, что при понижении температуры сопротивление материалов уменьшается, представление Лорда Кельвина было таково: при приближении к абсолютному нулю электроны полностью останавливаются, делая сопротивление бесконечным.

Но Оннес опроверг это в 1911 году, доказав, что ртуть становится сверхпроводящей при 4,2 К. Позже выяснилось, что и другие металлы и сплавы

Яндекс Игры



Дурак

Подробнее



могут быть сверхпроводящими при гораздо более высоких температурах. Тем не менее, обычные температуры всё же очень низкие, обычно ниже 150 градусов по Кельвину (или -123 градуса Цельсия).

Следующее значимое открытие было сделано в 1933 году Уолтером Мейсснером и Робертом Оксенфельдом. Когда металл охлаждается в слабом магнитном поле, он автоматически исключает магнитный поток из-за перехода в сверхпроводящее состояние, явление, известное как "эффект Мейсснера".

Под воздействием этого эффекта сверхпроводник не просто отталкивает магнитные поля, но и не позволяет им проникать внутрь себя. Если поместить магнит над сверхпроводником, эффект отталкивания магнитных полей заставляет магнит левитировать над сверхпроводящим материалом. Это происходит потому, что магнитные поля не могут проникнуть через сверхпроводник, и их поток направляется вокруг него.



Яндекс.Картинки

Этот принцип лежит в основе многих экспериментов с левитацией магнитов над сверхпроводниками и объясняет, почему магнит, находящийся вблизи сверхпроводящего материала, может парить в воздухе.

Хотя это открытие было настоящим прорывом, механизм сверхпроводимости оставался загадкой на протяжении десятилетий. Все изменилось в 1957 году, когда Джон Бардин, Леон Купер и Джон Роберт Шриффер представили миру свою теорию, известную сегодня как теория BCS. За свой вклад в науку они были удостоены Нобелевской премии по физике в 1972 году.

Даже лучшие проводники не идеальны: у них есть некоторое сопротивление передаче электрического тока. Это можно ощутить, например, при касании провода от электроприбора. И чем выше температура, тем активнее вибрируют атомы, что усиливает сопротивление. Охлаждая металл, можно уменьшить эту вибрацию, но благодаря квантовой механике, движение никогда не прекращается полностью - это так называемая энергия нулевой точки. Основываясь на этих знаниях, перейдем к вопросу: как можно устранить сопротивление? И для ответа на этот вопрос познакомимся с двумя типами элементарных частиц: фермионами и бозонами.

Вы, наверное, знаете, что материя состоит из частиц, таких как протоны, нейтроны и электроны. У каждой из этих частиц есть свойство, называемое спином. Но не путайте это с физическим вращением.

chery-msk-baltauto.ru



Chery Tiggo 4 Pro 20
2 460 000 ₽

[Подробнее](#)

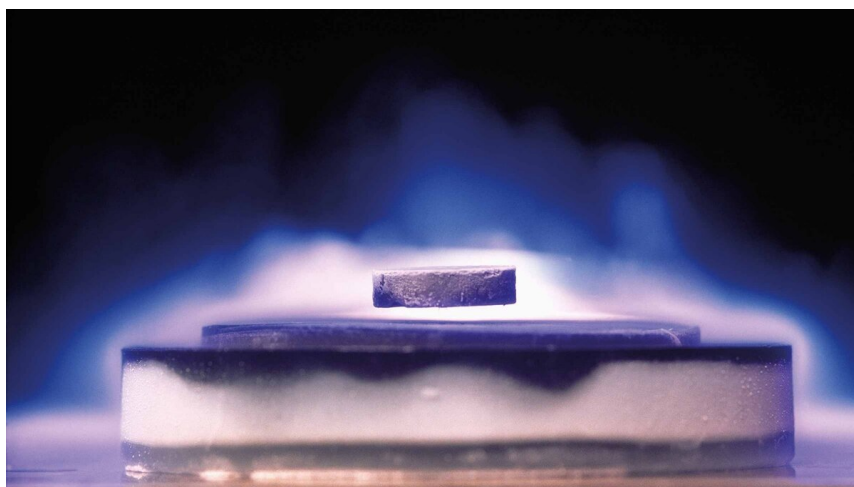


Спин частицы — это её собственный угловой момент, измеряемый в единицах, связанных с постоянной Планка, которая является одной из ключевых констант в физике. Частицы могут иметь как целые, так и полуцелые значения спина. Те, у которых спин имеет полуцелые значения, называются фермионами в честь ученого Энрико Ферми. В то время как частицы с целыми значениями спина известны как бозоны, названные в честь ученого Шатъендранат Бозе.

Так, электрон, который может иметь спин $+1/2$ или $-1/2$, является фермионом. Фотон же, с возможными значениями спина $+1$ или -1 , является бозоном. Ведение этих частиц на субатомном уровне различается. К примеру, любое количество идентичных бозонов может существовать на одном энергетическом уровне, но это не верно для фермионов. Фермионы не могут занимать один и тот же энергетический уровень, что определяется принципом Паули.

Согласно этому принципу, два электрона в одной и той же орбитали должны иметь противоположные спины, так как все четыре их квантовых числа не могут быть одинаковыми. Таким образом, орбиталь может вмещать только два электрона с разными значениями спина.

Поэтому в каждой атомной орбитали может быть размещено только два электрона. Благодаря этому твердые предметы не могут проходить друг сквозь друга: вы, например, не можете пройти сквозь стену или пол. Электроны в атомах ваших ног не могут занять место электронов атомов земли. Однако у бозонов другие свойства. Они не имеют подобных ограничений и, когда их много, они, предпочитают сгруппировываться, особенно при низких температурах.



Яндекс.Картинки

Когда электрон проходит через проводящий материал, он испытывает отталкивание от других электронов из-за их отрицательного заряда. Однако он также привлекается к положительным ионам, формирующим кристаллическую структуру металла. Это притяжение искажает структуру ионов, приводя к движению иона в направлении электрона, что увеличивает плотность положительного заряда в соседнем участке решетки. Это увеличение положительного заряда привлекает другие электроны. Под воздействием такого притяжения на больших расстояниях два электрона могут соединиться, формируя так называемую пару Купера. Область с повышенной плотностью положительного заряда в атомной решетке представляет собой фонон. Когда множество ионов колеблется с одинаковой частотой, это движение также описывается как фононы. Фононы играют ключевую роль не только в теплопроводности и звукопроводности твердых тел, но и в механизмах сверхпроводимости.

Яндекс Игры



Дурак

Подробнее

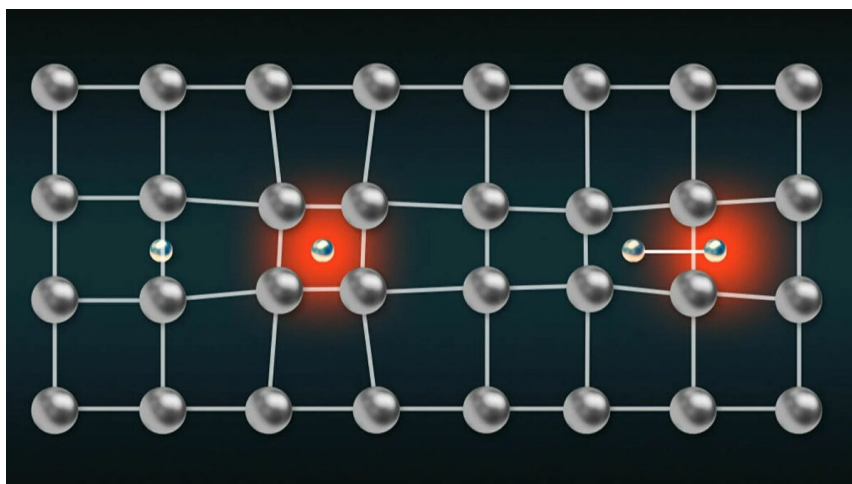


chery-msk-baltauto.ru



Если материал охлаждается до определенной температуры, пара Купера остаётся неразделенной из-за недостатка энергии для этого. Такую пару можно рассматривать как единую частицу. Когда два электрона объединяются, их спины сочетаются так, что в итоге образуется целое число спина. В результате эти электроны начинают действовать как бозоны, а не фермионы, игнорируя принцип исключения Паули.

В таком случае, учитывая что множество бозонов может существовать в одном и том же энергетическом состоянии, все пары Купера начинают функционировать как объединенный объект. При достаточно низких температурах такое объединение бозонов переходит в состояние, известное как конденсат Бозе-Эйнштейна. Они действуют как единый бозон в одном и том же состоянии низкой энергии и имеют отрицательный заряд из-за составляющих их электронов. Это дает им способность проводить электричество. В обычных условиях, после столкновения электрона с атомом, происходит потеря энергии из-за его перехода на более низкий энергетический уровень. Однако в случае с парами Купера такого нижнего состояния не существует, потому что они уже находятся в своем минимальном состоянии, и, следовательно, не теряют дополнительной энергии.

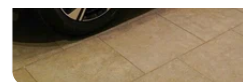


Яндекс.Картинки

Отсутствие взаимодействия пар Купера с атомами приводит к тому, что сопротивление потоку электронов исчезает, и в результате материал становится сверхпроводящим. Взаимодействие электронов внутри пар Купера довольно слабое, и поэтому оно обычно наблюдается при очень низких температурах. Когда температура поднимается выше критической, пары Купера разрушаются из-за возрастающей энергии, и сверхпроводимость исчезает. Основой сверхпроводимости является формирование пар Купера через их взаимодействие с фононами в веществе. Следует учитывать, что описанный механизм - это традиционное понимание формирования пар Купера, хотя могут существовать и другие механизмы, которые мы пока не осознаем полностью.

Сегодня в области сверхпроводимости проводится огромное количество исследований. В 2020 году ученые представили первый сверхпроводник, функционирующий при комнатной температуре— гидрид серы с углеродом. Его эффективное действие начинается при 15 градусах Цельсия. Звучит потрясающе, но стоит помнить, что такие свойства проявляются при давлениях, близких к тем, что в центре нашей планеты, что ограничивает его широкое применение.

В то же время, высокие технологии в виде поездов "Маглев" уже используют преимущества сверхпроводимости. В них магниты, обладающие сверхпроводимостью, держат вагон над специальным путем. Эти магниты, как и традиционные, взаимодействуют, отталкиваясь при соприкосновении



Chery Tiggo 4 Pro 20
2 520 000 ₽

[Подробнее](#)



16+



**Быстрый
безопасный
браузер**

Установить

одноименных полюсов. Таковы чудеса сверхпроводимости в современной технике.



Яндекс.Картинки

Если вам понравилась статья и вы хотите узнавать больше интересных фактов, историй и научных открытий, подписывайтесь на наш канал! Не забудьте также поделиться этим материалом с друзьями и оставить свои комментарии — ваше мнение важно для нас.

Реклама

**Торговые
сигналы
для криптовалют
на каждый день**

Получай на телефон
по СМС или
месенджер сразу
после регистрации.

cryptotradingonline.ru

[Перейти на сайт](#)

Подпишитесь на канал,
чтобы не пропустить новые
публикации

Не пропустите новые
публикации

Подписаться

👍 25 💬 4 ➦



Реклама • 6+

Сделайте перерыв! Сыграйте «Викторина Эрудит»

🔍 Найти в Дзене

Чтобы комментировать публикации автора — надо подписаться на канал

Подписаться



Неоклассическая физика и математика 1 м

Ну во первых не Оннеса, а Камерлинг -Оннеса. Во вторых такого состояния как конденсат Бозе- Эйнштейна нет. "В результате эти электроны начинают действовать как бозоны, а не фермионы, игнорируя принцип исключения Паули" Квантовая физика наделила фотоны сверх разумом и автоматическим регулированием по которому они выбирают кратчайшую траекторию и состояние - корпускула и волна. Но наделили разумом м правом выбора ещё и электроны. Сверхтекучее состояние гелия действительно существует. На самом никакого двойного электрона не бывает. Ток вообще существует как движение навстречу позитронов и электронов, потому что иначе на высоких частотах проводимости бы не было. При низкой температуры электроны и позитроны и электроны примерзают к атомам и ток проводится только микроэлектронами и микропозитронами (дырок не бывает). У этих заряженных частиц нет спина. Этой теории больше сто лет. В СССР она известна под названием теории экситона Якова Френкеля, хотя эту теорию впервые изложили Лоренц и Планк. Это единственная работающая теория сверхпроводимости, после открытия высокотемпературной проводимости и туннельного перехода. Высокотемпературная сверхпроводимость, открытая американским физиком Чу, поставила крест на все квантовые объяснения.

Ответить



Пенсионер 2 м

Электроны отделившиеся от атома перестают быть электронами и поэтому передается возбуждение электрона, которое синхронизируется температурой и при низких температурах передача возбуждения превращается в поток без потерь и этот поток не пропускает магнитные поля.

Ответить 1



михаил болычевский 2 м

Семь верст до небес и всё лесом.

Ответить



Алексей Дмитриевич А 4 м

Начинали за здоровье.. А закончилось все грустно.
Во первых, зачем попытались приписать конденсат бозе-эйнштейна??? Мало того, что его получают на сложнейших установках, в количествах, позволяющих, простите меня, все атомы пересчитать. Так еще из вашего же текста логически следует, что никакой сверхпроводимости не может быть уже при температуре жидкого гелия. И докинули информацию уровня рентВ о сверхпроводимости при комнатной температуре. Когда ученые борются за сверхпроводимость хотя бы для температур жидкого азота.
А давление ядра Земли в лабораторных условиях еще не достигалось. И как раз по этой причине столько проблем с моделированием глубинных процессов. Потому НЕ ЗНАЮТ, как ведет себя в реальности вещество при таких давлениях и температурах. В остальном - статья написана хорошо.

Ответить 4



Мешочные фильтры от производителя

Проектирование, производство, адаптация под Ваши требования. Доставка по России.

[Главная](#) [Цены](#)

technonics.ru

[Перейти на сайт](#)