

Эти удивительные сверхтекучие вихри

Исследования автора в области теории вихрей приводят к совершенно неожиданным открытиям. Как оказалось, с помощью вихревых законов можно объяснять самые разнообразные непонятные физические явления. Здесь представлена новая модель сверхтекучести, созданной на основе новой вихревой модели ядер гелия, существующих в гидродинамической среде микромира. Модель подробно объясняет причины удивительных свойств сверхтекучего жидкого гелия на физическом уровне.

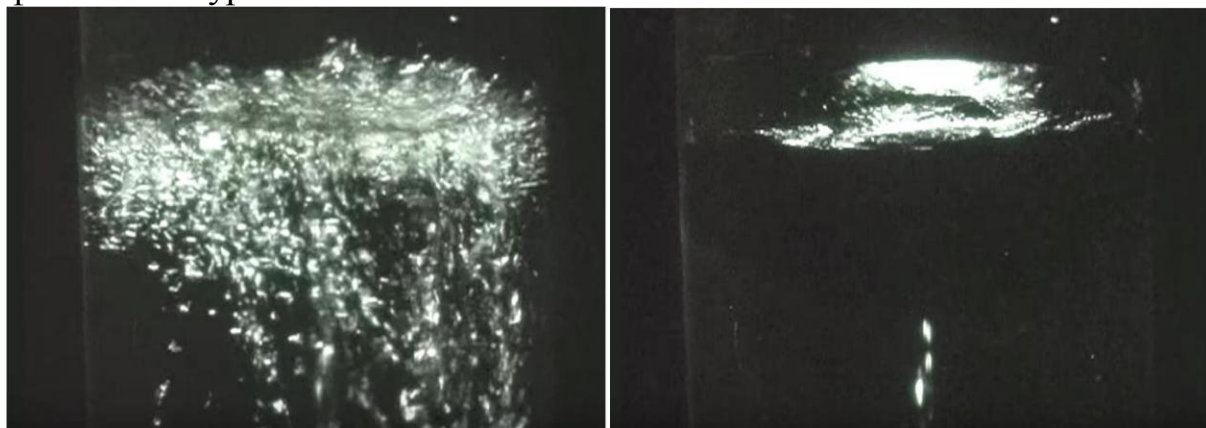


Рис.1. Фото кипения жидкого гелия до и после критической точки 2,17 К

Впервые сверхтекучий гелий получил нидерландский учёный Хейке Камерлинг-Оннес в 1908-м году. Он обнаружил, что при охлаждении жидкого гелия до критической температуры 2,17 К процесс кипения мгновенно прекращается, а плотность гелия достигает максимума. Обычно при уменьшении температуры плотность жидкости увеличивается, а плотность гелия начинает уменьшаться при уменьшении температуры ниже 2,17 К. Удивительное явление! Это - отрицательный коэффициент расширения! При этой же температуре обнаружился скачок теплоёмкости. При нагревании гелия с температурой 2,17 К некоторое время его температура не растёт. Энергия куда-то совершенно бесследно исчезает. Удивительное явление!



Рис.2. Жидкий гелий поднимается плёнкой по стенкам

В 1922-м году Камерлинг-Оннес обнаружил ещё одно интересное свойство жидкого гелия с температурой ниже $2,17\text{ К}$ – он плёнкой поднимается вверх по стенкам сосуда. Если пустой открытый сосуд поместить в сосуд с жидким гелием, то он начнёт заполняться, пока не сравняются уровни жидкости в обоих сосудах. Если вновь высоко приподнять этот сосуд, то жидкий гелий плёнкой начинает перетекать через края и капать со дна сосуда. Скорость движения плёнки – 20 м/с . Удивительное явление! В 1927-м году датский физик Вильям Кеезом и польский физик Мечислав Вольфке измерили теплопроводность, теплоёмкость и диэлектрическую проницаемость жидкого гелия и обнаружили заметный скачок при критической температуре. На основании чего они сделали вывод, что при такой температуре происходит фазовый переход гелия из одного состояния в другое без привлечения какой-либо внешней энергии и без формирования какой-либо чёткой границы между фазами. Фазу нового состояния жидкого гелия стали обозначать HeII , а фазу обычного – HeI . Градиент температур в HeII создать нельзя, так как его теплопроводность примерно в миллион раз больше теплопроводности HeI и в сотни раз больше теплопроводности любого металла. Поэтому он не может кипеть. Парообразование происходит лишь на поверхности. Удивительное явление! При прохождении через капилляры из одного сосуда в другой возникает механотермический эффект, при котором во втекающем сосуде температура жидкости понижается, а в вытекающем сосуде повышается. Удивительное явление!

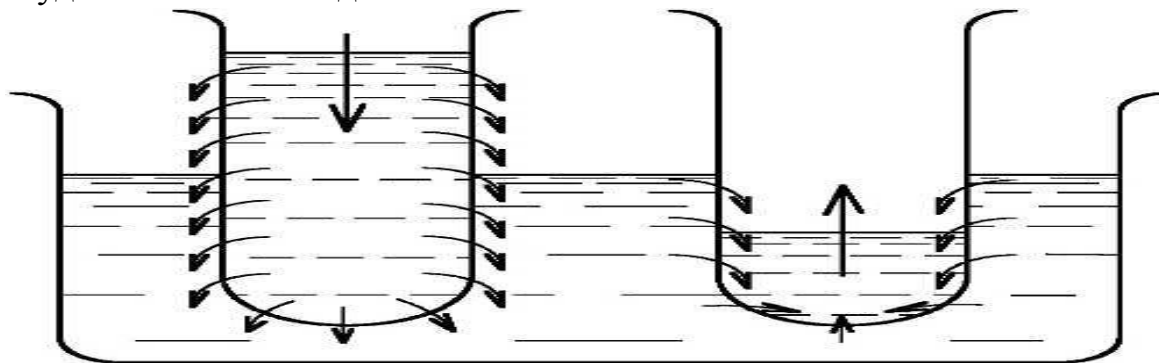


Рис.3. Жидкий гелий просачивается сквозь керамические стенки

В 1938-м году советский физик Петр Леонидович Капица, при исследовании свойств HeII , обнаружил отсутствие вязкости при протекании через узкие щели ($< 0,1\text{ мкм}$). Независимо от него, канадские исследователи Джон Ален и Дон Мисенер обнаружили нулевую вязкость при пропускании HeII через тонкие капилляры. Такое замечательное свойство было названо сверхтекучестью. Закрученный в вихрь, сверхтекучий гелий способен вращаться по кругу более 18 часов. Удивительное явление! Капица провёл ещё один очень интересный эксперимент. В ёмкость с HeII он поместил стеклянную колбу с смонтированной внутри спиралью нагревателя. Рядом с выходной трубкой

он размесил лёгкое коромысло, висящее на нити. При включении нагревателя коромысло поворачивалось, закручивая нить. Луч света, отражённый от зеркальца на нити, отмечал угол поворота. Коромысло фиксировало непрерывное давление жидкости из трубки колбы, а наличие обратного движения жидкости обнаружить не удалось. Создавалось впечатление существования неиссякаемого источника жидкого гелия в колбе. Удивительное явление!

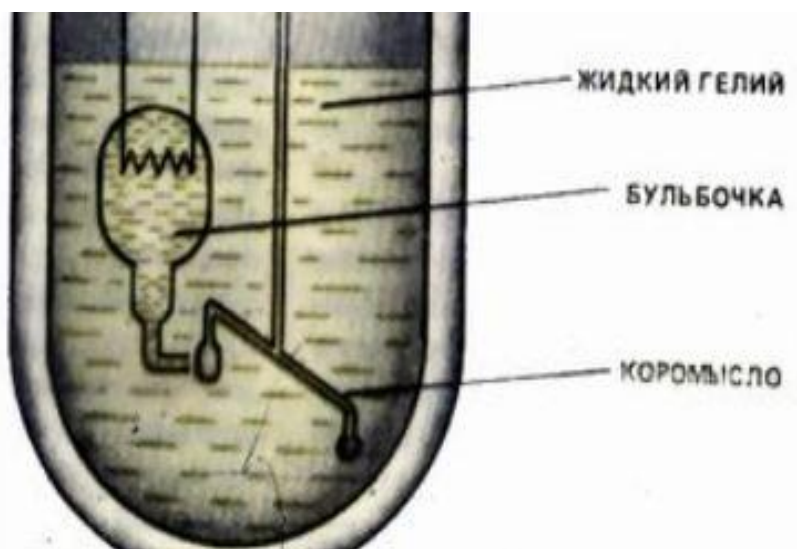


Рис.4. Давление нормальной компоненты

Ещё одно удивительное свойство HeII выражается в фонтанном давлении. Если в сосуд с встроенным нагревателем и с керамическим дном налить HeI и погрузить его в ёмкость с HeII, то из горлышка сосуда начнёт бить фонтанная струя. Через тонкие капилляры керамики HeI из сосуда в ёмкость проникнуть не может, а HeII из ёмкости проникает в сосуд с такой большой скоростью, что избыток жидкости начинает вытекать из сосуда фонтанной струей!

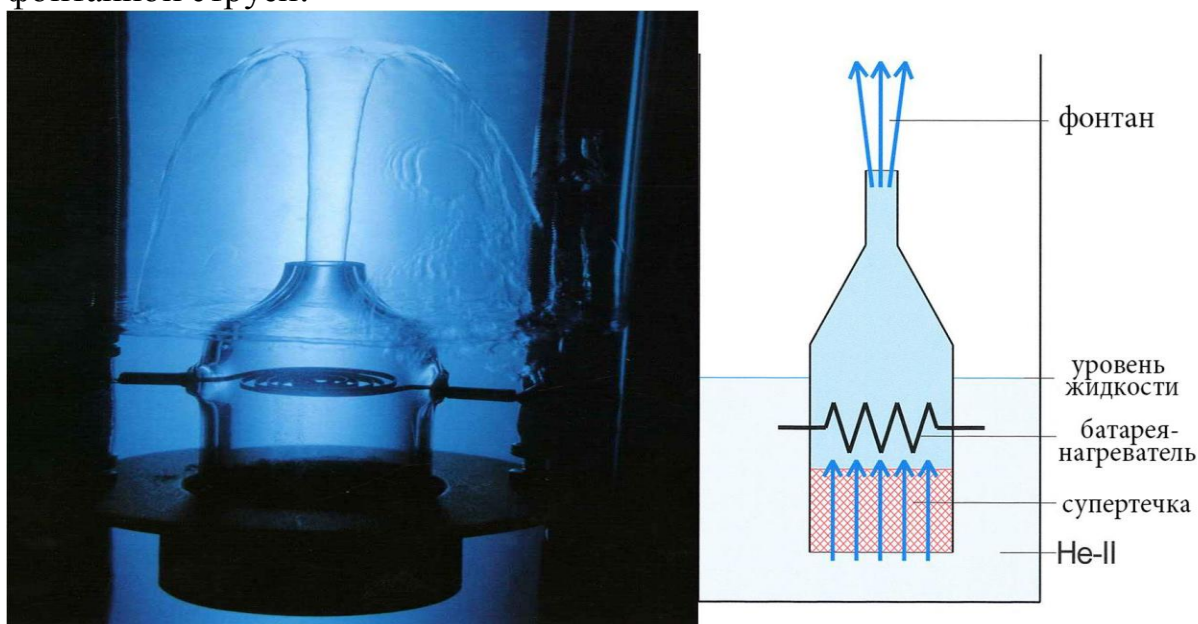


Рис. 5. Фонтанное давление сверхтекучего гелия

В 1941-м году советский теоретик Лев Ландау предложил теорию сверхтекучести, согласно которой HeII является смесью двух компонент – обычной и сверхтекучей. Сверхтекучая компонента имеет температуру абсолютного нуля, и ее число уменьшается с нагреванием. В узкие капилляры протискивается только сверхтекучая компонента. Нормальная компонента обладает всеми свойствами вязкого течения жидкости и участвует в переносе тепла, а сверхтекучая компонента не имеет вязкости и в переносе тепла не участвует. Тщательные исследования HeII показали, что все атомы в нём тождественны. По этой причине, в данной теории носителями сверхтекучей компоненты являются некие квазичастицы.

Попробуем теперь дать собственную физическую интерпретацию явлению сверхтекучести. Для этого нам нужно показать физическую сущность удивительных свойств жидкого HeII :

1. отрицательный коэффициент расширения;
2. скачок теплоемкости при температуре фазового перехода;
3. аномально высокая теплопроводность;
4. отсутствие в жидкости градиента температур;
5. отсутствие кипения внутри жидкости;
6. перетекание тонкой пленкой через край сосуда;
7. аномально высокая скорость движения плёнки;
8. аномально долгое вращение после раскрутки;
9. отсутствие вязкости при прохождении через тонкие капилляры;
10. уменьшение вязкости HeII в сосуде при уменьшении температуры;
11. механокалорический эффект;
12. фонтанное давление.

Отсутствие вязкости означает отсутствие потерь при трении. Другими словами, при любом количестве столкновений не меняется средняя скорость атомов гелия. Такое возможно в гидродинамической среде в том случае, когда объекты,двигающиеся в этой среде, имеют способность к самостоятельному движению. Такое удивительное явление мы уже встречали при изучении вихревого движения. Способностью к самостоятельному движению обладают вихревые кольца и пары параллельных линейных вихрей с противоположным вращением. Но атомы гелия, по нашей модели, имеют другое строение. Нужно искать другое объяснение. Используем теперь другое свойство жидкого HeII . Он, как фантастическая живая субстанция, самостоятельно движется плёнкой по любой поверхности даже против сил гравитации. Таким способом может двигаться по поверхности одиночный линейный вихрь. А наша модель атома гелия как раз одиночным вихрем и является. В ядре гелия (He4) два протона, как пропеллер, вращаются вокруг оси из двух нейтронов по законам гидродинамики (по правилам взаимодействия вихрей). Соответственно и связанные с протонами электронные орбитали статическими не являются. Вслед за вращением протонов электронные орбитали вращаются вокруг ядра атома, создавая вокруг атома вихрь окружающей гидродинамической среды микромира.

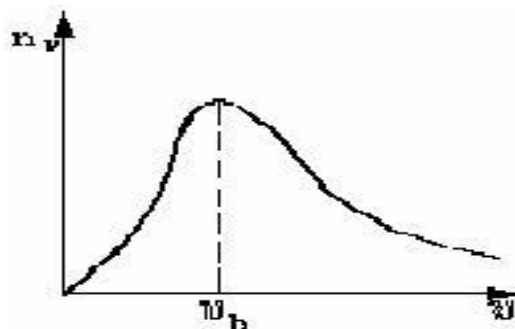


Рис. 6. Распределение атомов по скоростям движения

Попробуем выяснить, что будет происходить с такими атомами при низких температурах. При любой температуре распределение атомов по скоростям движения описывается функцией Максвелла. С понижением температуры жидкого гелия кривая распределения скоростей атомов становится уже. Чем ниже температура, тем большее количество атомов имеют скорость близкую к нулю. Атомы, полностью потерявшие кинетическую энергию, становятся неподвижными в пространстве. В этом случае вращающиеся атомы гелия, как лопасти пропеллера, начнут создавать вдоль оси вращения вихревую нить из окружающей гидродинамической среды микромира. Вихревая нить становится как бы частью атома, увеличивая его эффективную массу.

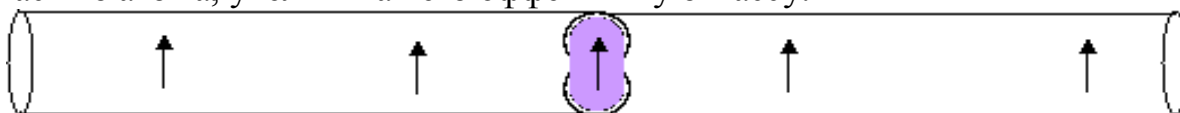
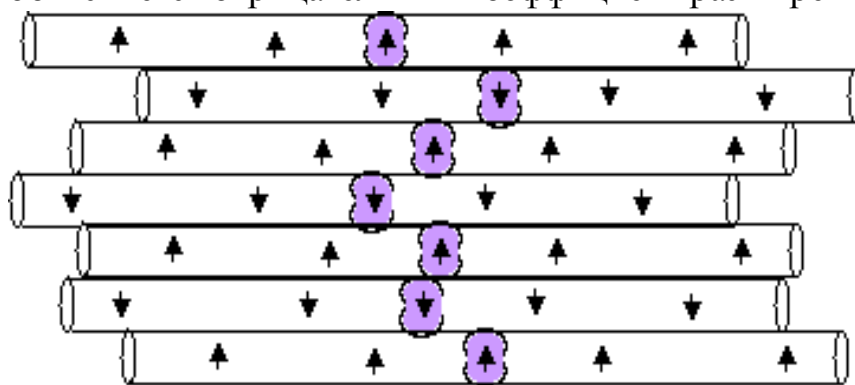
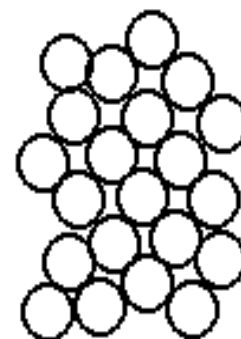


Рис. 7. Образование вихревой нити

Вихревую нить с большой массой уже труднее привести в движение, поэтому соседние атомы с малой кинетической энергией, сталкиваясь с вихревой нитью, теряют скорость, останавливаются и тоже создают вихревую нить. Соседние вихревые нити начинают взаимодействовать друг с другом по правилам взаимодействия вихрей и стягиваются в компактные вихревые домены. Вихревой домен начинает занимать больше места в пространстве, поэтому объем жидкости увеличивается. Этим объясняется отрицательный коэффициент расширения жидкого HeII.



вид домена сбоку



вид домена с торца

Рис. 8. Образование вихревого домена

Чем ближе к температуре абсолютного нуля, тем больше становится доменов, тем больше объем жидкости. При нагревании HeII все тепло будет уходить на разрушение доменов – этим объясняется скачок теплоемкости слева от температуры фазового перехода. При охлаждении HeI начинают возникать вихревые домены, которые аккумулируют в себе атомы с нулевой скоростью поступательного движения, поэтому общая температура жидкости не будет падать пока идет процесс зарождения доменов – этим объясняется скачок теплоемкости справа от температуры фазового перехода. При соприкосновении с жидким HeII горячего объекта молекулы объекта передают часть своей кинетической энергии ближайшим атомам гелия. Атом гелия приводится в движение и сталкивается с ближайшим доменом, передавая ему весь свой импульс. После столкновения атом перестает двигаться и превращается в вихревую нить, которая прилипает к домену. Импульс, как в игре бильярд, передается на противоположную сторону домена, где отрываются от домена самые слабые нити и приводятся в движение случайно соприкоснувшиеся с доменом атомы гелия. Таким образом, домены растут в сторону источника энергии и разрушаются с другой стороны. Часть энергии идет на разрушение домена, часть передается дальше.

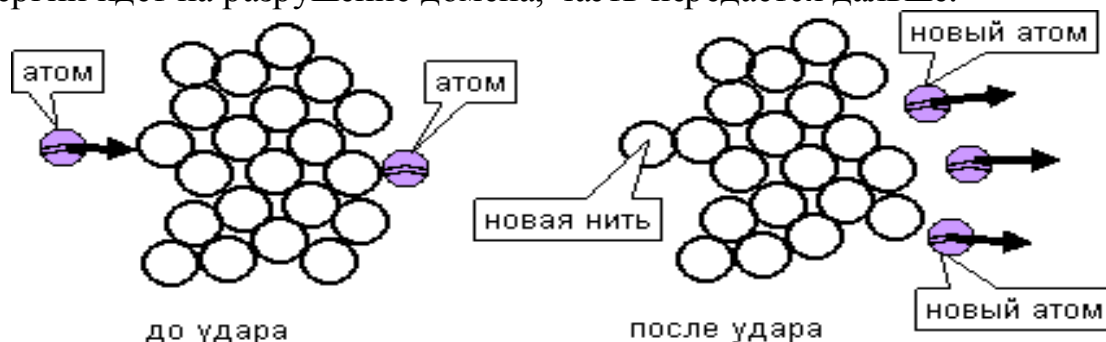


Рис. 9. Результат столкновения атома гелия с вихревым доменом

Наличие домена способствует сверхбыстрой передаче импульса с одного края жидкости до другого без использования обычного механизма беспорядочного движения частиц. Импульс будет воздействовать на стенку сосуда и на любой объект, погруженный в жидкость. Теория Ландау на другом физическом принципе! Два встречных потока нормальной (движение обычных атомов) и сверхтекучей компонент (рост домена в сторону источника энергии), причем нормальная компонента оказывает давление на преграду, а сверхтекучая компонента не оказывает давления. Сверхбыстрой передачей импульса с помощью доменов объясняется и аномально высокая теплопроводность, и отсутствие в жидкости градиента температур, и отсутствие кипения внутри жидкости.

Атом гелия непрерывно вращается, поэтому должен самостоятельно катиться по теоретически ровной поверхности. Но для свободного атома гелия любая механическая поверхность будет представлять сплошное нагромождение горных хребтов, долин и пропастей по причине недостаточного качества механической обработки. Свободные атомы гелия

будут застревать в пропастях и долинах, наполняя их до самых горных вершин. Другое дело – вихревая нить. Как уже было показано ранее, вихревые нити постоянно образуются новые, либо отрываются от доменов при получении доменом импульса. Так как ее длина намного больше размеров атома гелия, то она гораздо больше приспособлена катиться по неровной механической поверхности и по самим атомам гелия, заполняющим неровности. Если притяжение к поверхности достаточное, то такая вихревая нить может катиться по вертикальной стенке и перекатываться через край сосуда.

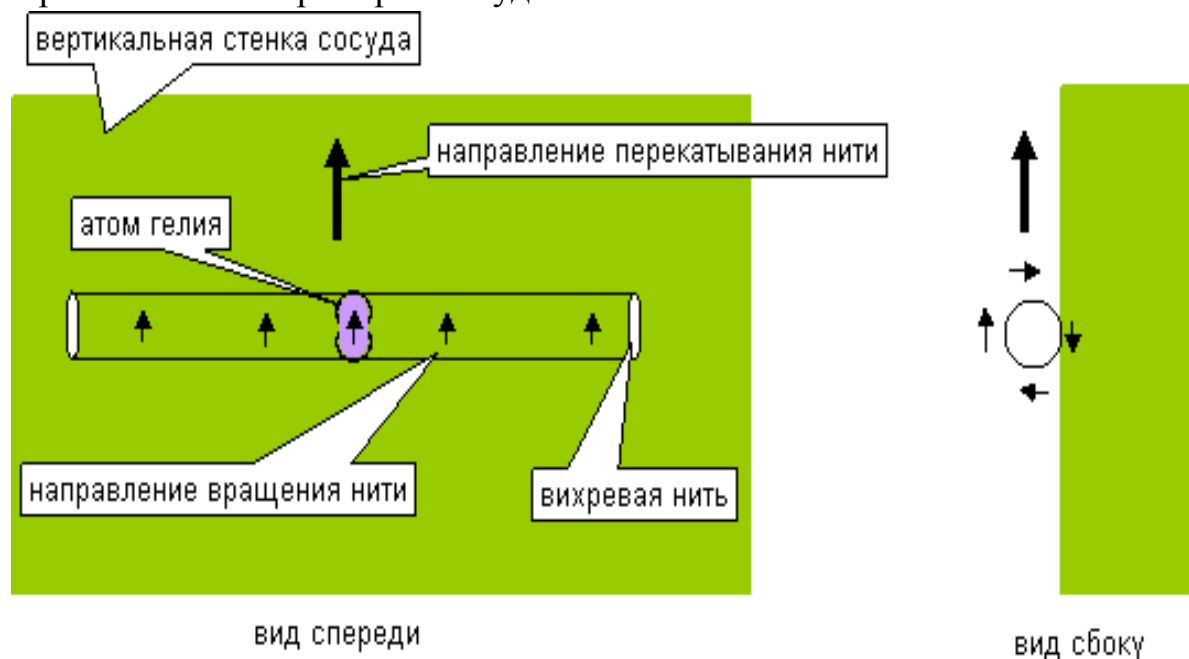


Рис. 10. Движение вихревой нити по вертикальной стенке

Если дно сосуда касается жидкого HeII, то вихревые нити будут катиться навстречу друг другу в обоих направлениях (из сосуда наружу и обратно внутрь сосуда). Если наружное дно сосуда не касается жидкого HeII, то вихревые нити будут двигаться только в одном направлении из сосуда наружу, конденсироваться в капли и капать вниз со дна сосуда. В результате количество вихревых нитей в сосуде будет убывать, а температура жидкого HeII в сосуде начнет повышаться. Нечто подобное происходит в капиллярах и тонких щелях.

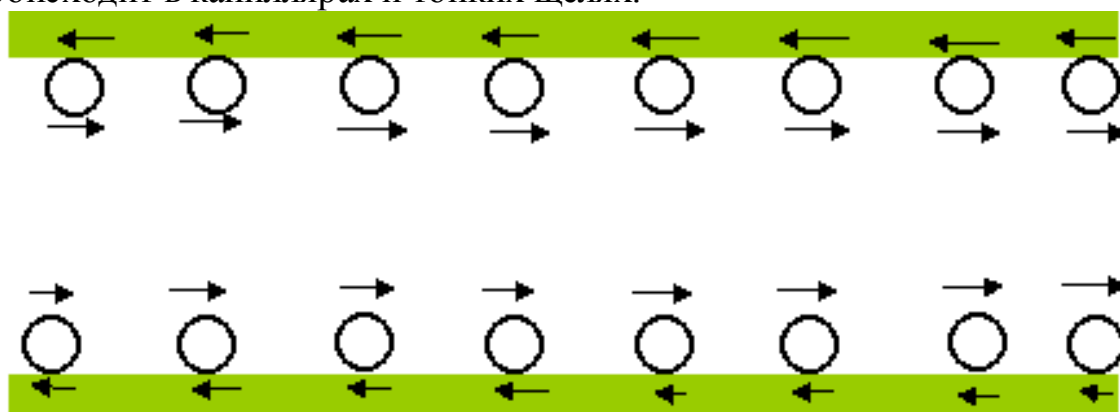


Рисунок 11. Движение вихревых нитей в капиллярах

Вихревые нити самостоятельно, без каких-либо внешних воздействий, катятся вдоль стенок. Лишь бы не возникала турбулентность, которая может смести вихревые нити со стенок. Чем тоньше капилляры, тем меньше вероятность возникновения турбулентности, тем заметнее относительный эффект. Вихревым нитям для движения нужна только твердая опора. Чем тоньше капилляры, тем больше поверхность опоры, тем ярче эффект. Не зря во многих опытах роль капилляров успешно играл мелкий порошок. Так как вихревые нити только катятся по поверхности, то между ними и поверхностью возникает только трение скольжения, никакого импульса стенкам не передается. Это можно трактовать как полное отсутствие вязкости. Вне капилляров, в большом объеме HeII вязкость не может полностью пропасть, так как здесь продолжают взаимодействовать с поверхностью объекта обыкновенные атомы с тепловым движением, не связанные вихревыми нитями. Чем ниже температура, тем меньше таких атомов. Вдобавок к этому, еще и плотность жидкости уменьшается. Поэтому вязкость уменьшается при уменьшении температуры. Если вихревые нити движутся только в одном направлении, то в вытекающем сосуде их становится меньше. Значит, увеличивается относительное количество атомов, обладающих обычным тепловым движением, из чего следует, что температура в данном сосуде должна повышаться. Наоборот, в сосуде, куда катятся вихревые нити, растет относительное количество связанных в нитях атомов, не обладающих кинетической энергией. Поэтому температура в этом сосуде падает.

Итак, с помощью не придуманных, а реальных вихревых законов, действующих в макром мире, можно объяснить все известные удивительные свойства жидкого гелия на физическом уровне микромира.