



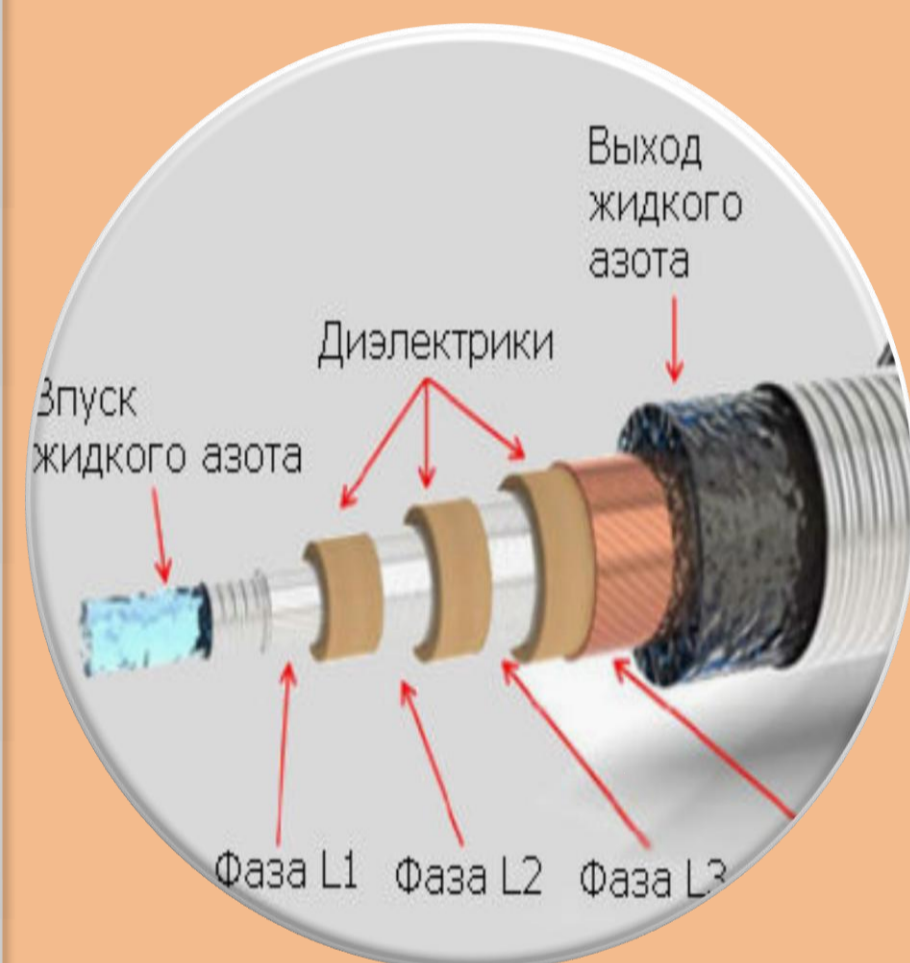
Контроль качества и выявление дефектов в сверхпроводящих лентах при помощи метода Холловской визуализации.

Целью работы является рассмотрение применимости метода Холловской визуализации в целях контроля качества и выявления дефектов в сверхпроводящих лентах на примере ленты ВТСП-1 (первого поколения).

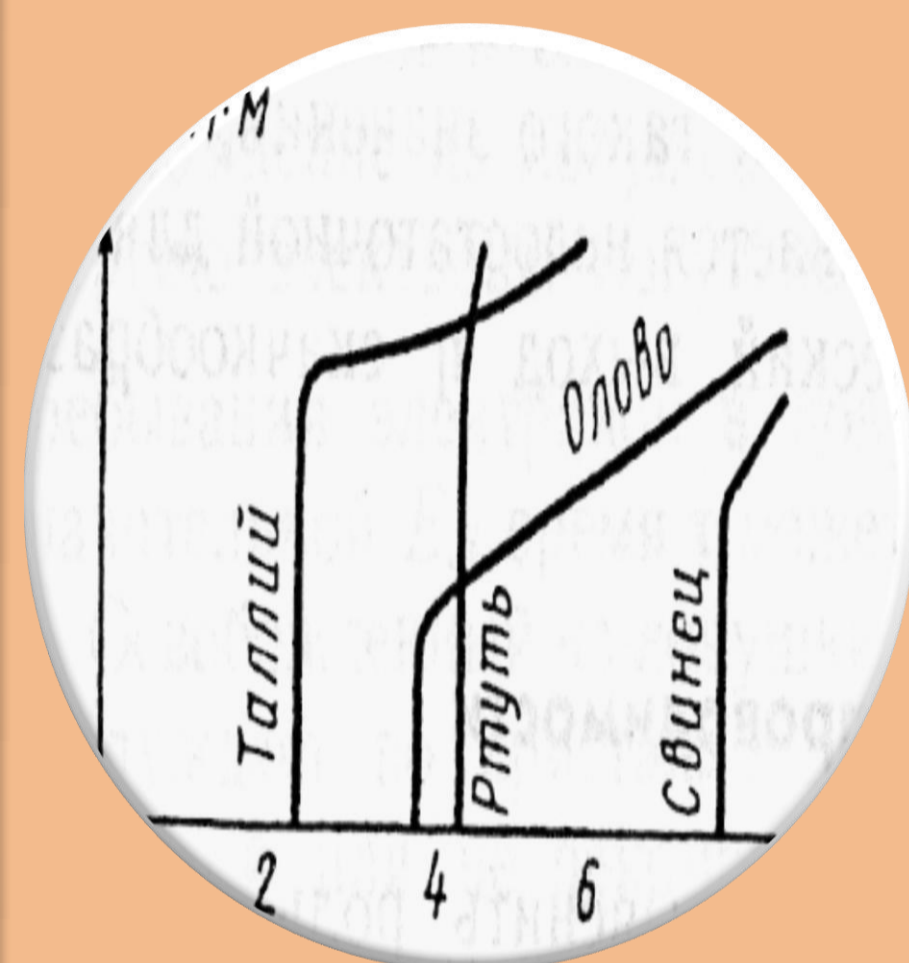
Альберт Левин, ГБОУ лицей №1511 при НИЯУ «МИФИ», 11 класс

Научный руководитель к.ф.-м.н. доцент НИЯУ «МИФИ» И. А. Руднев

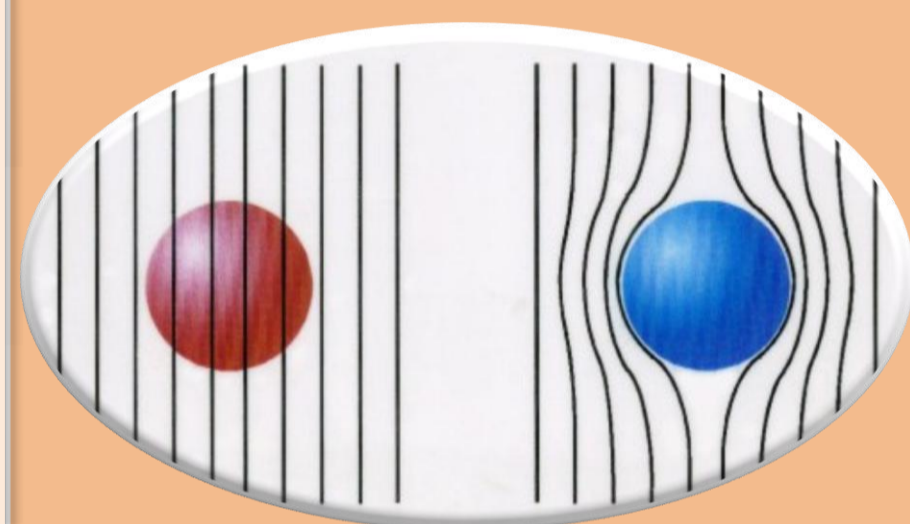
Научный консультант студент-дипломник НИЯУ «МИФИ» М. А. Осипов



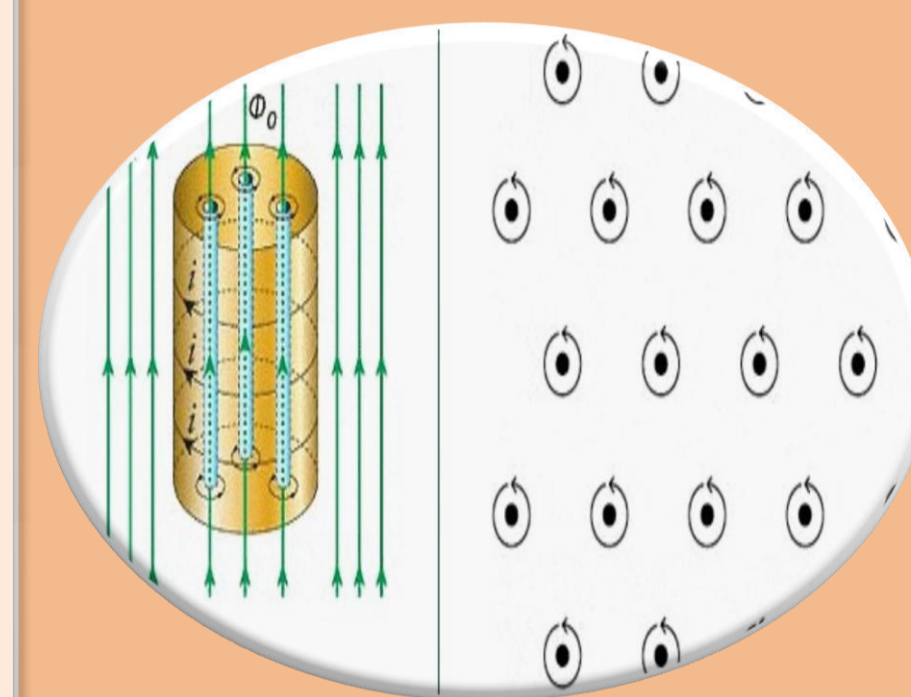
Сегодня сверхпроводящие ленты широко применяются в электроэнергетике; нередко длина кабеля из таких лент превышает 200 или даже 500 метров. Так как до сих пор при выходе из строя одной ленты приходилось менять весь кабель, необходим такой метод, способный выявить бракованную ленту, чтобы дать возможность заменить ее, получив рабочий кабель с наименьшими материальными и временными затратами.



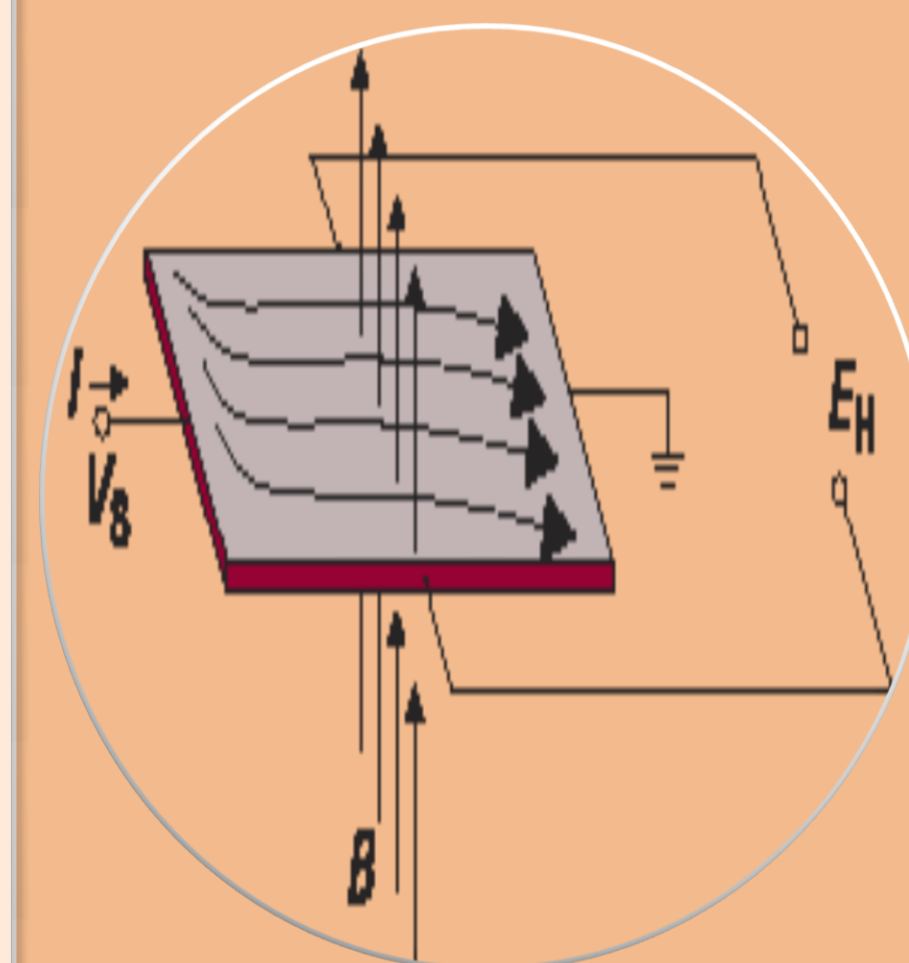
Сверхпроводимость – это физическое явление, характерное для некоторых веществ при охлаждении их ниже определенной температуры и состоящее в уменьшении удельного электрического сопротивления до нуля. Первым сверхпроводником, открытым голландцем Камерлинг-Оннесом в 1911 году, стала ртуть ($T_c = 4,15^\circ \text{K}$).



Эффектом Мейснера, также важным свойством сверхпроводника, называют выталкивание сверхпроводником магнитного потока $\text{rot}\mathbf{B} = 0$. Из этого экспериментального наблюдения делается вывод о существовании незатухающих токов внутри сверхпроводника, которые создают внутреннее магнитное поле, направленное противоположно внешнему, приложенному магнитному полю и компенсирующее его.

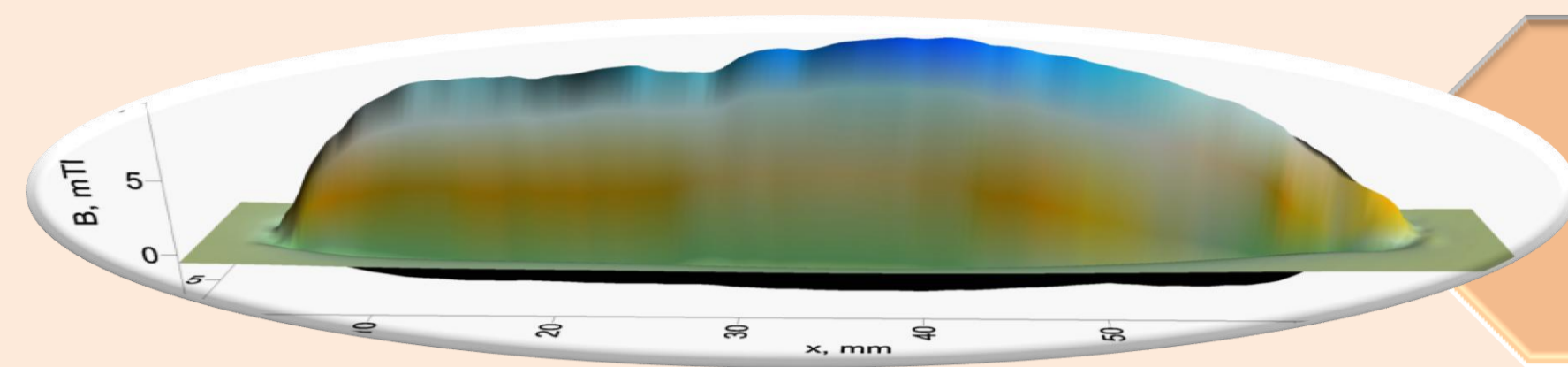


В сверхпроводниках второго рода, которыми и являются сверхпроводящие ленты, эффект Мейснера выполняется не полностью: циркулирующие вихри тока создают в проводнике собственное магнитное поле, сонаправленное с внешним («вихри Абрикосова»).

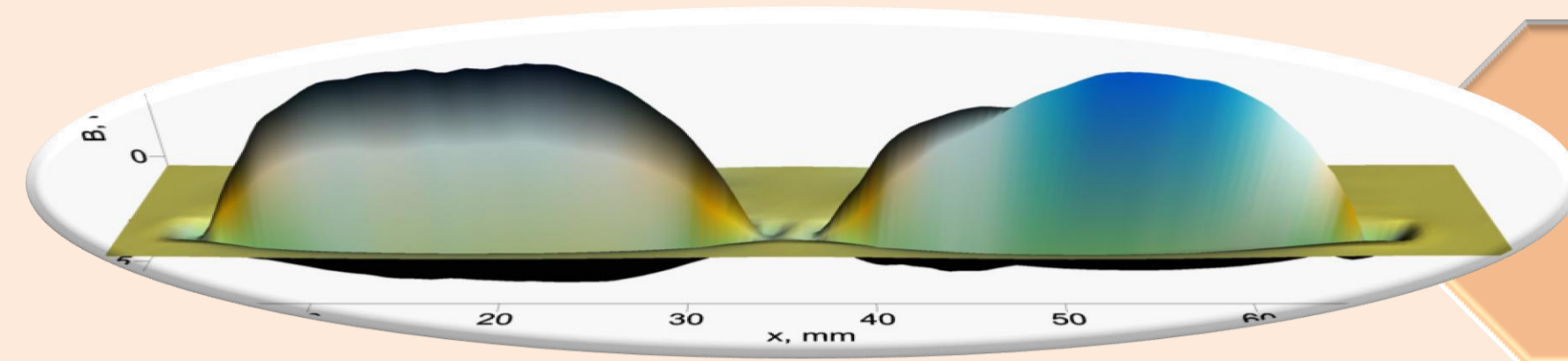


Создаваемое магнитное поле действует на электроны в сверхпроводнике силой Лоренца, которая действует перпендикулярно направлению их движения. Под действием этой силы происходит их смещение к одной из сторон сверхпроводника и возникает разность потенциалов (эффект Холла).

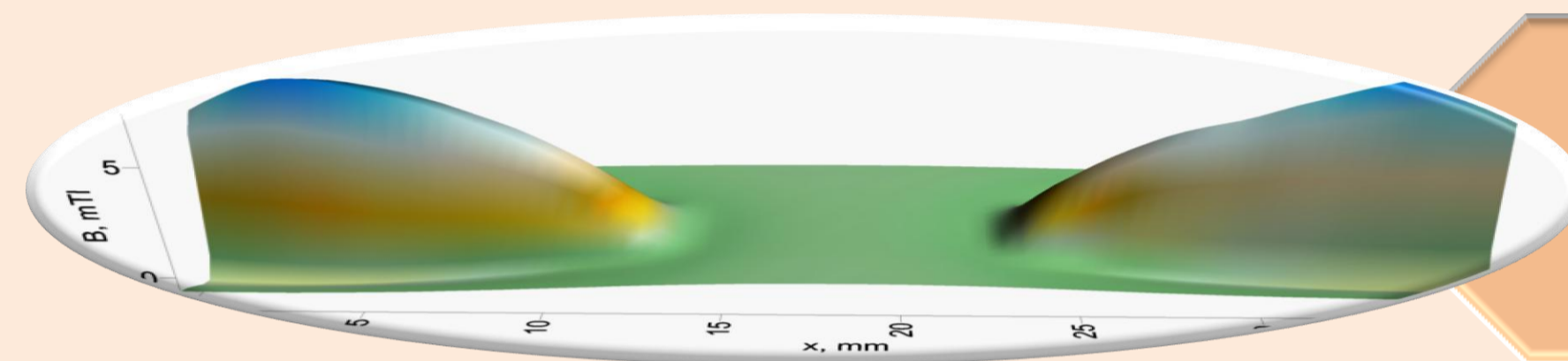
Эффект Холла замечателен тем, что дает измерить значение поля в любой точке сверхпроводящей ленты. Опираясь на данное теоретическое заключение, было предложено использовать его в практических целях.



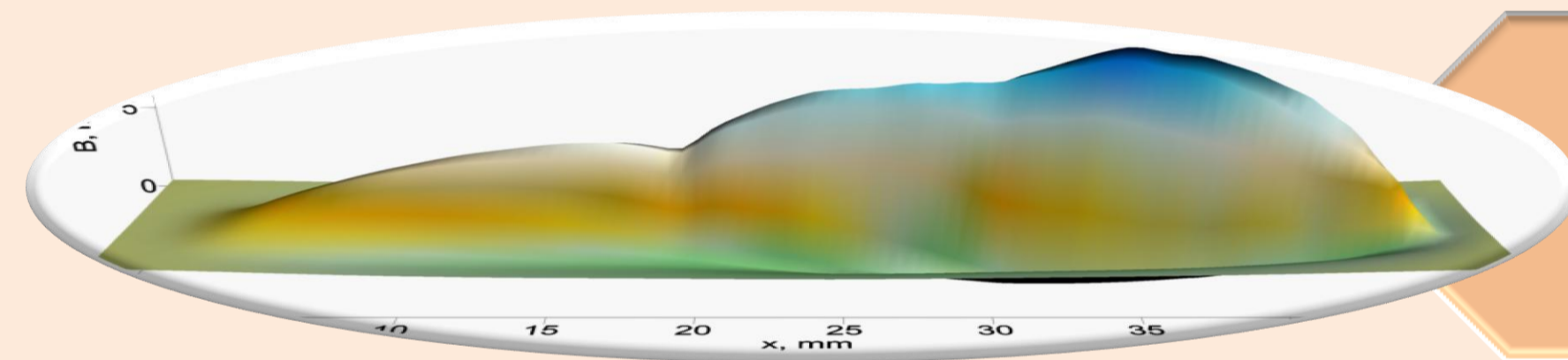
Для нормальной ленты визуализация эффекта Холла выглядит так. Совершенно необременительным, при наличии нужного оборудования, будет «промерять» таким образом каждую ленту перед соединением в кабель. Более того, такая картинка помогает сразу «отсеять» бракованные ленты и исключить вероятность включения их в кабель.



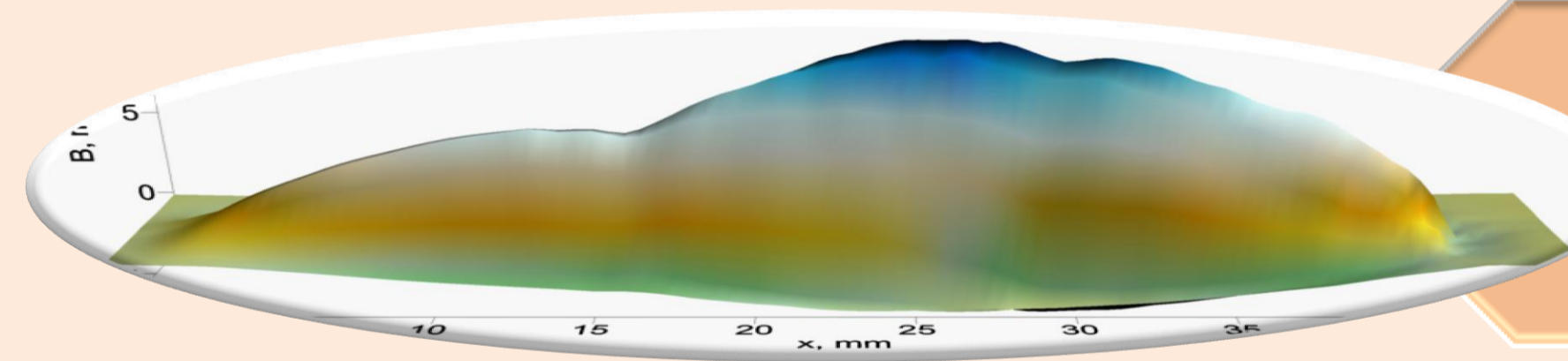
Предположим, лента вышла из строя. Как найти дефект? На модели отлично виден участок, где лента повреждена. Сопоставив линейные размеры ленты с координатой на оси, легко найти его расположение.



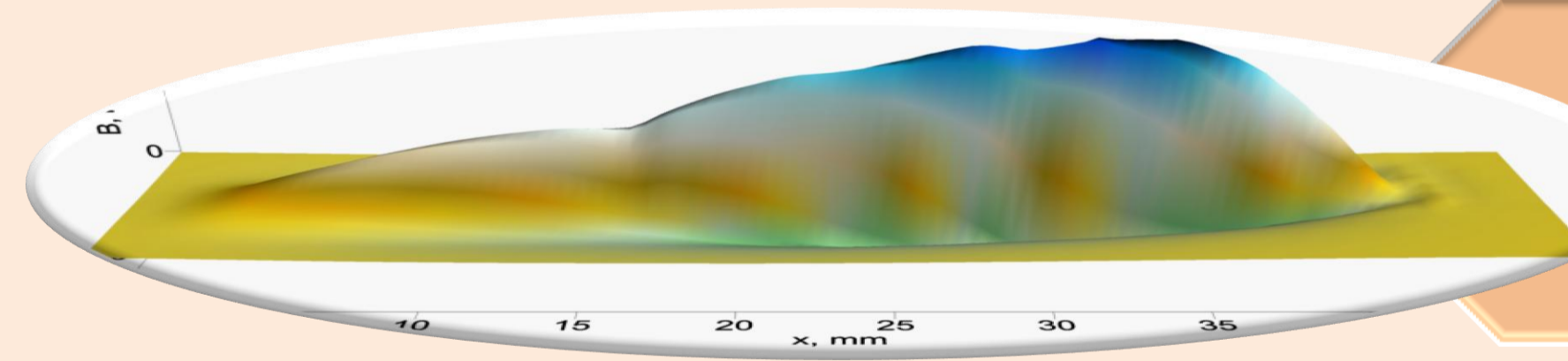
Вычислим дефектную область на ленте и вырежем ее. В результате получим два сверхпроводника. Заметьте, что вырезанная область дает ровную зеленую плоскость на модели.



Наложим ленты друг на друга, обеспечивая изоляцию слоем тефлона между ними. Здесь длина области перекрытия $L=10$ mm.



Тот же опыт, но при длине перекрытия $L=13$ mm. Сравнивая эту модель с предыдущей, можно с уверенностью сделать вывод, что данное взаимное расположение лент более выгодно. Обратите внимание на то, что в обоих случаях границы области перекрытия представлены как два локальных минимума величины поля B_z .



Две ленты после спая ($L=13$ mm). Незначительное отличие полей, создаваемых спаянной лентой и двумя изолированными лентами, дает возможность оценить малость вертикальных перетеканий тока и предположить их отсутствие.

Вывод: разработанный метод подходит для использования в целях исследования целостности сверхпроводящих лент и выявления их дефектов. Предлагается использовать его в качестве входного контроля всех ВТСП-лент перед их соединением в кабели. Это позволит продлить срок обслуживания кабеля, а значит, снизить затраты на его обслуживание.