

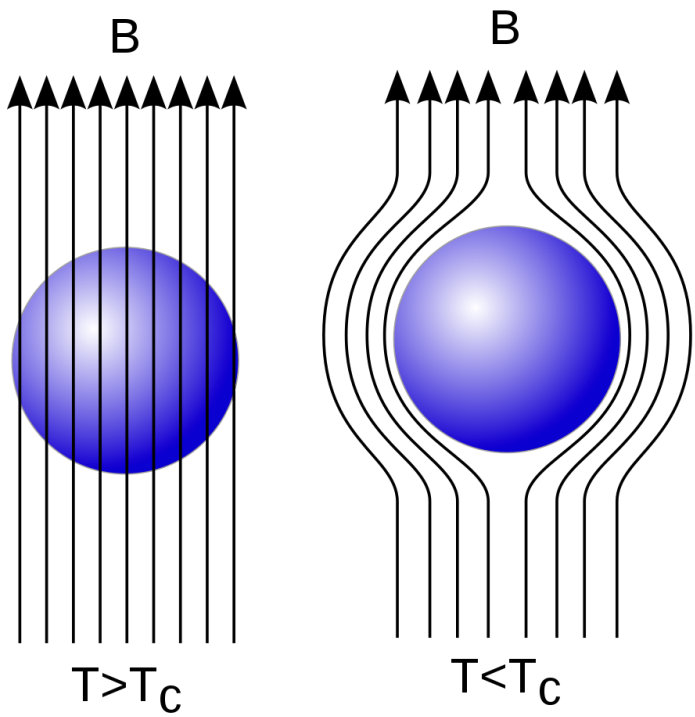


В этой задаче мы рассмотрим математические подобию при описании двух явлений: присоединенной массы при движении тела в жидкости и сверхпроводника в магнитном поле.

В гидродинамике для описания движения жидкости используется такая характеристика как циркуляция вектора скорости, равная $\Gamma = \oint_L \vec{v} \cdot d\vec{l}$, где L – некий замкнутый контур. Циркуляция скорости служит мерой завихренности течения. Простое безвихревое движение несжимаемой жидкости без вязкости можно описать циркуляцией равной нулю: $\Gamma = 0$.

Сверхпроводник – материал, электрическое сопротивление которого при понижении температуры до критической величины становится равным нулю. В 1933 году был открыт эффект Мейснера – полное вытеснение магнитного поля из объема проводника при его переходе в сверхпроводящее состояние (см. рис). Отсутствие магнитного поля в объеме проводника позволяет заключить из общих законов магнитного поля, что в сверхпроводнике существует только поверхностный ток. Магнитное поле тока уничтожает внутри сверхпроводника внешнее магнитное поле.

Во всех дальнейших пунктах задачи жидкость можно считать несжимаемой и без вязкости.



Часть А. Твердое тело в жидкости и сверхпроводник в магнитном поле

A1^{0.40} Рассмотрим твердое тело, движущееся поступательно со скоростью $\vec{v}_0$ в жидкости. Перейдем в систему отсчета, в которой тело покоится. Чему равна нормальная составляющая скорости к поверхности твердого тела v_n ? Чему равна скорость жидкости на бесконечном удалении от тела $\vec{v}_\infty$ в системе отсчета связанной с телом? Запишите ответы в таблицу в начале листа ответов.

A2^{0.40} Рассмотрим неподвижное сверхпроводящее тело, помещенное в однородное поле с индукцией $\vec{B}_0$. Геометрические размеры тела и его ориентация по отношению к вектору $\vec{B}_0$ совпадают с размерами тела и ориентацией тела по отношению к вектору $\vec{v}_0$ из пункта **A1**. Чему равна нормальная составляющая индукции магнитного поля B_n ? Чему равна индукция магнитного поля $\vec{B}_\infty$ на бесконечном удалении от сверхпроводника? Запишите ответы в таблицу в начале листа ответов.

A3^{0.40} Пусть для пункта **A2** во всем пространстве задано распределение индукции магнитного поля $\vec{B} = f(\vec{B}_0, \vec{r})$. Считая, что вектора $\vec{B}_0$ и $\vec{v}_0$ сонаправлены, найдите распределение скорости жидкости в пространстве в системе отсчета связанной с телом.

Часть В. Шар в жидкости

При движении тела жидкость также приходит в движение, и, следовательно, обладает кинетической энергией. При поступательном движении эта величина не зависит от скорости движения тела и определяется соотношением $E_k = \frac{(m + \mu)v^2}{2}$, где E_k – кинетическая энергия жидкости и тела, m – масса движущегося тела, $\vec{v}$ – вектор скорости тела. В этой части задачи нужно найти присоединенную массу шара радиуса R , движущегося в жидкости, имеющей плотность ρ . До начала движения шара жидкость также была неподвижна. Для универсальности обозначений, считайте, что $\vec{r}$ – радиус-вектор, проведенный из центра шара в произвольную точку пространства.

Примечание: В этой и следующей частях задачи вам понадобятся результаты части **A**!

B1^{1.80} Поместим сверхпроводящий шар радиуса R в однородное магнитное поле с индукцией $\vec{B}_0$. Найдите индукцию магнитного поля во всем пространстве вне шара. Ответ выразите через $\vec{B}_0$, $\vec{r}$ и R .

B2^{0.50} Найдите скорость жидкости во всем пространстве вне шара. Ответ выразите через $\vec{v}$, $\vec{r}$ и R .

B3^{1.70} Найдите кинетическую энергию жидкости. Ответ выразите через v , ρ и R .

B4^{0.50} Найдите значение μ для шара. Ответ выразите через ρ и R .

Часть С. Цилиндр в жидкости

В этой части задачи нужно найти присоединенную массу для цилиндра длины L и радиуса R , движущегося поступательно в направлении, перпендикулярном его оси симметрии. При расчете скоростей жидкости краевыми эффектами пренебречь (считать, что цилиндр бесконечно длинный). Также считайте, что основной вклад в кинетическую энергию вносит жидкость, движущаяся между торцами цилиндра. Скорость цилиндра равна $\vec{v}$, плотность жидкости ρ . Для универсальности обозначений, считайте, что $\vec{r}$ – радиус-вектор, перпендикулярный оси цилиндра, проведенный от нее в произвольную точку пространства.

- C1^{2.80}

Поместим бесконечно длинный сверхпроводящий цилиндр радиуса R в однородное магнитное поле индукцией $\vec{B}_0$. Найдите индукцию магнитного поля во всем пространстве вне цилиндра. Ответ выразите через $\vec{B}_0, \vec{r}$ и R .
- C2^{0.40}

Найдите скорость жидкости во всем пространстве вне цилиндра. Ответ выразите через $\vec{v}, \vec{r}$ и R .
- C3^{0.90}

Найдите кинетическую энергию движения жидкости. Ответ выразите через ρ, R, L и v .
- C4^{0.20}

Найдите значение присоединенную массу μ для движущегося цилиндра. Ответ выразите через ρ, R и L .

Т

Поле магнитного диполя

Электромагнетизм

2020

Сборы XY

Y

Магнитное поле

 Website in English