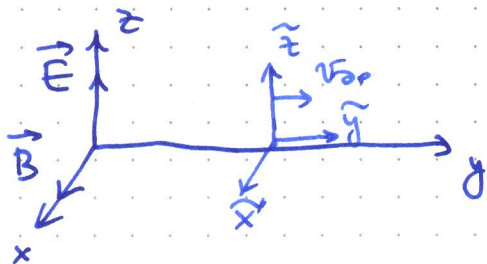


Дрейфовое движение в скрещенных полях

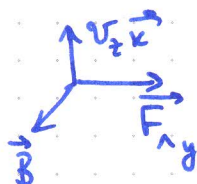
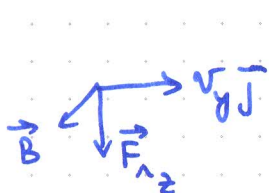


Пусть заряженная частица движется в электрическом поле $\vec{E} \{0, 0, E\}$ и $\vec{B} \{B, 0, 0\}$. Движение определяется 2-м законом Ньютона

$$m\vec{a} = q\vec{E} + q[\vec{v} \times \vec{B}]$$

Сила $q\vec{E}$ имеет одну компоненту $\{0, 0, qE\}$.

Чтобы определить компоненты силы Лоренца, разложим скорость \vec{v} на три \perp -х вектора $\vec{v} = \vec{i}v_x + \vec{j}v_y + \vec{k}v_z$, где $|\vec{i}| = |\vec{j}| = |\vec{k}| = 1$. Движение вдоль оси X вклада в силу Лоренца не даёт ($v_x \vec{i} + B\vec{j}$),



v_y даёт z-компоненту \vec{F}_1 ,
 v_z даёт y-компоненту \vec{F}_2 :

$$\vec{F}_1 = \{0, v_z B q, -v_y B q\}$$

Т.о., в проекциях на ось z-й 3-й Ньютона выглядит так!

$$\begin{cases} m a_x = 0 \\ m a_y = q v_z B \\ m a_z = q E - q v_y B \end{cases}$$

По оси X ускорения нет, если $v_{0x} \neq 0$, то это значение будет сохраняться (дрейф вдоль оси X).

Но основные события будут происходить в плоскости YZ. Поэтому рассмотрим 2-мерную задачу ($v_{0x} = 0$, тогда движение будет плоским).

$$(*) \begin{cases} m a_y = q v_z B \\ m a_z = q E - q v_y B \end{cases}$$

Если бы $E = 0$, то система $\begin{cases} m a_y = q v_z B \\ m a_z = -q v_y B \end{cases} (**)$ описывала бы вращение заряда по окружности в к.п.

Но система (*) сводится к (**) заменой переменных

$$\begin{cases} q E - q v_y B \equiv -q \tilde{v}_y B \\ \tilde{v}_y = \dot{\tilde{y}} \\ (a_y = \tilde{a}_y) \end{cases}$$

физический смысл, которой - прощол в равномерно движущуюся со скоростью $v_p = \frac{E}{B}$ вдоль оси y систему отсчёта:
 $\tilde{v}_y = v_y - \frac{E}{B}$

В этой системе отсчёта электрическое поле исчезает из уравнений

$$\begin{cases} m \tilde{a}_y = q \tilde{v}_z B \\ m \tilde{a}_z = -q \tilde{v}_y B \end{cases} \left(\begin{array}{l} \text{разумеется} \\ \tilde{v}_z = v_z, \tilde{a}_z = a_z \end{array} \right)$$

и движение в этой системе отсчёта это окружность радиуса

$$R = \frac{m \tilde{v}}{q B}, \quad \tilde{v} = \sqrt{\tilde{v}_y^2 + \tilde{v}_z^2}$$

Ситуация эквивалентна переходу

в С.О., связанную с центром катещетора без проскальзывания колеса. Поэтому в исходной С.О., траекторией заряда будет циклоида - плоская кривая (в YZ), которую описывает точка на ободе катещетора без проскальзывания колеса.

Дрейфовое движение в скрещенных полях - 2

Для запоминания, куда направлена скорость дрейфа, полезны следующая Ф-ка.

$$\vec{v}_{Dr} = \frac{[\vec{E} \times \vec{B}]}{B^2} \quad \leftarrow \text{водителем и для } (\widehat{E}, \widehat{B}) \neq 90^\circ!$$

Здесь \vec{B} , как и во всех Ф-х магнетизма стоит в векторном произведении на втором месте.

Для случая $\vec{E} \perp \vec{B}$ $v_{Dr} = \frac{E}{B}$ и $\vec{v}_{Dr} \uparrow [\vec{E} \times \vec{B}]$.

В системе отсчета, движущейся со скоростью \vec{v}_{Dr} траектория заряда будет окружностью радиуса

$$R = \frac{m\tilde{v}}{qB}, \quad \tilde{v} = \sqrt{\left(v_y - \frac{E}{B}\right)^2 + v_z^2}$$

Далше можно вернуться в исходную систему отсчета.

Рекомендуется разобрать следующие задачи самостоятельно:

Савченко 10.2.6
10.2.7
10.2.8
10.2.9
10.2.10
10.2.12