

### Задача 3. «Электрический дрейф»

В этой задаче мы предлагаем Вам описать движение заряженной частицы во взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях.

**Часть 0.** Частица с положительным зарядом  $q$  и массой  $m$  влетает в однородное магнитное поле с индукцией  $B$  (электрического поля нет). Скорость частицы  $v_0$  перпендикулярна линиям поля.

0.1 Определите радиус окружности  $R$ , по которой движется частица.

0.2 Определите угловую скорость вращения  $\omega$  частицы.

0.3 Определите период вращения  $T$  частицы по окружности.

Пусть в некоторой области пространства одновременно с магнитным полем  $B$  существует перпендикулярное ему электрическое поле  $E$ . Частица с положительным зарядом  $q$  и массой  $m$  влетает в эту область с некоторой скоростью. Вектор скорости лежит в плоскости перпендикулярной вектору магнитной индукции (рис. 1). Наличие электрического поля приведет к тому, что скорость частицы будет возрастать по мере смещения вдоль линий поля, а значит, будет увеличиваться радиус кривизны траектории. Это приведет к тому, что частица начнет медленно смещаться (дрейфовать) вдоль оси  $OX$ , и траектория движения будет иметь вид, изображенный на рисунке.

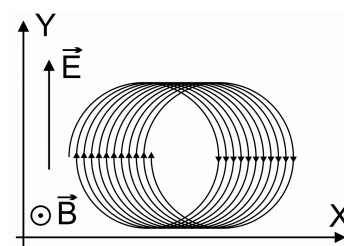


Рис. 1

#### Часть 1. Приближенное решение.

В этой части предлагаем Вам определить скорость дрейфа, рассмотрев движение с некоторым упрощением. Предположим, что траектория движения частицы состоит из двух полуокружностей (верхней и нижней). Вдоль верхней полуокружности частица движется со скоростью, соответствующей верхней точке траектории, вдоль нижней – со скоростью, соответствующей нижней точке траектории (рис.2).

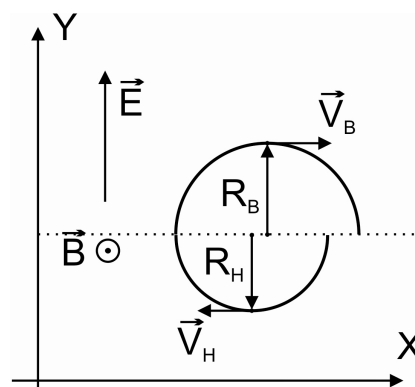


Рис. 2

1.1 Используя это приближение, определите среднюю скорость движения частицы  $v_d$  вдоль оси  $OX$ . Выразите эту скорость через напряженность электрического поля  $E$  и индукцию магнитного поля  $B$ .

#### Часть 2. Точное решение.

2.1 Частица движется во взаимно перпендикулярных полях  $E$  и  $B$ . Проекция скорости на ось  $OX$  равна  $v_x$ , на ось  $OY$  –  $v_y$  (рис. 3). Запишите выражения для проекций ускорения  $a_x$  и  $a_y$ .

Рассмотрим колесо радиуса  $R$  с осью радиуса  $r$ , которое катится без проскальзывания вдоль оси  $OX$  со скоростью  $u$  (рис.4).

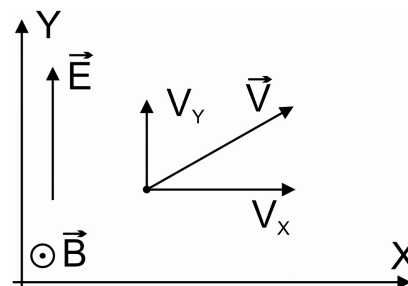


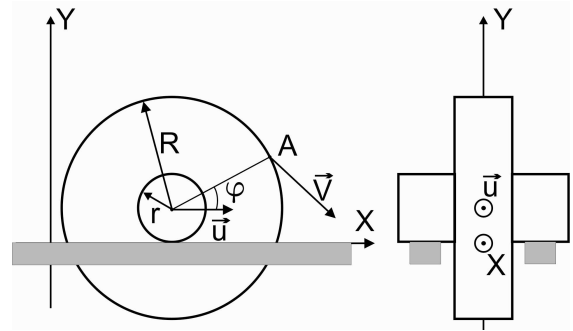
Рис. 3

2.2 Запишите выражения для проекций  $v_x$  и  $v_y$  скорости точки А, находящейся на колесе под углом  $\varphi$  к оси ОХ.

2.3 Запишите выражения для проекций  $a_x$  и  $a_y$  ускорения точки А.

2.4 Используя выражения, полученные в пунктах 2.2 и 2.3, определите связь между проекциями скоростей и ускорений.

2.5 Сравните уравнения пункта 2.1 и 2.4 и запишите точное выражение для скорости дрейфа.



**Рис. 4**