

Электрический дрейф

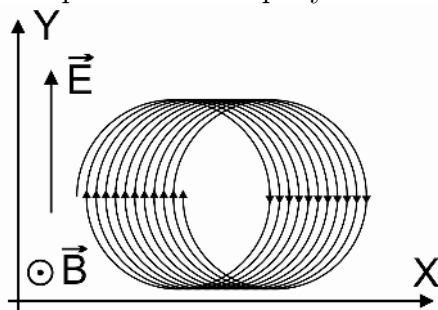
Условие

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 ω 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.



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). 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 .

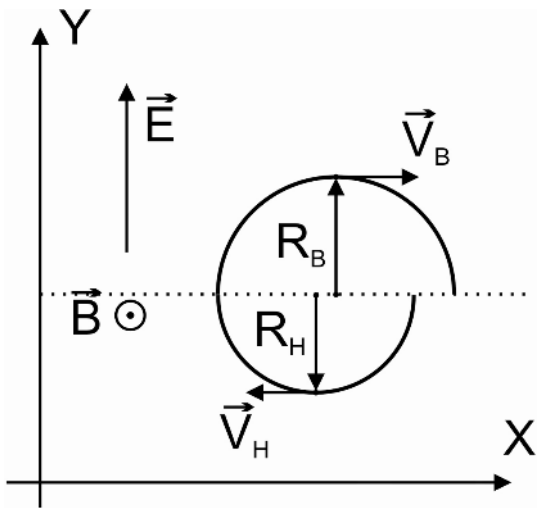
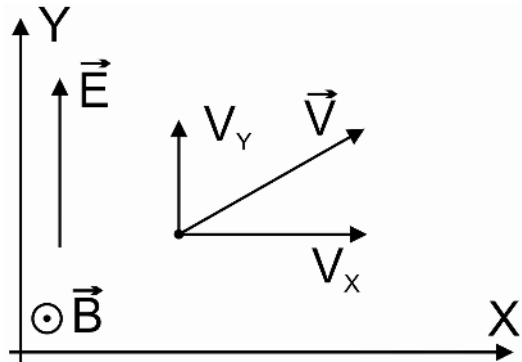


Рис. 3

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).



2.2 Запишите выражения для проекций v_x и v_y скорости точки А, находящейся на колесе под углом φ к оси OX .

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.

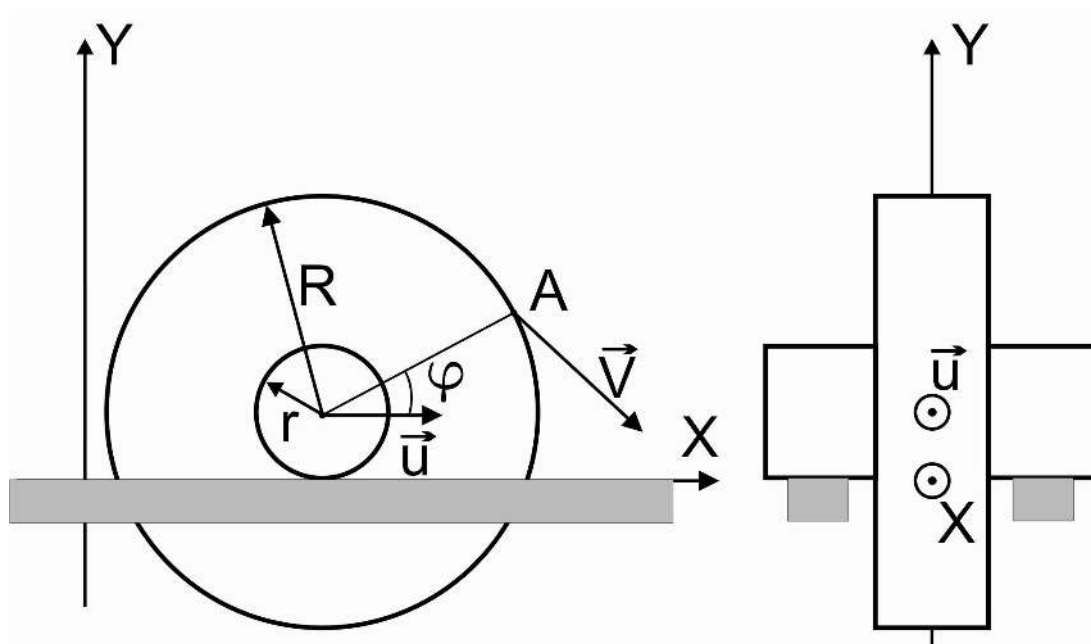


Рис. 4