

-2 Электромагнитная сила Кориолиса

Условие

Задача 11-2 Электромагнитная сила Кориолиса.

Небольшой стальной шарик массы m подвешен на нити длиной l . Данную систему можно рассматривать как математический маятник, совершающий малые колебания. Сопротивлением воздуха можно пренебречь. В положении равновесия шарик находится в центре тонкого горизонтального расположенного кольца радиуса R . Шарiku сообщают электрический заряд q (величину и знак которого можно изменять).

5	1
	2
	2
	(2)
	(2)
63	

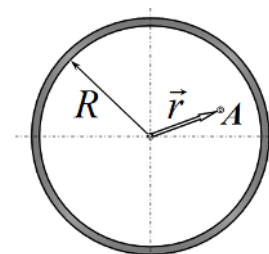
Часть 1. Электростатическая сила.

Кольцу сообщают положительный электрический заряд Q , который равномерно распределяется по нему.

1.1 Нарисуйте схематическую картину силовых линий электрического поля, создаваемого кольцом, в вертикальной плоскости, проходящей через центр кольца.

1.2 Покажите, что напряженность электрического поля в точке A , находящейся в плоскости кольца на малом расстоянии r от его центра ($r \ll R$), может быть найдена по формуле

$$\vec{E} = -\frac{\vec{r}}{2} \cdot \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^3}, \quad (1)$$



где $\vec{r}$ — радиус-вектор, проведенный от центра кольца к точке A .

Можете использовать данную формулу, даже если Вы не смогли ее доказать.

1.3 Найдите период малых колебаний шарика. Постройте схематический график зависимости периода колебаний от заряда шарика q . При каких значениях этого заряда колебания становятся невозможными?

1.4 Оцените, на сколько процентов может измениться период колебаний маятника, при включении электрического поля.

Считайте, что длина нити маятника равна $l = 30$ см, радиус кольца $R = 15$ см. В вашем распоряжении имеется стальной шарик диаметра $d = 1,0$ см и электростатическая машина, способная создавать разность потенциалов 25 кВ. Плотность стали $\rho = 7,0 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

Часть 2. Магнитная сила.

Пусть по кольцу протекает постоянный электрический ток силой I , а электрический заряд отсутствует. Шарик несет положительный электрический заряд q .

2.1 Нарисуйте схематическую картину силовых линий магнитного поля, создаваемого кольцом, в вертикальной плоскости, проходящей через центр кольца.

2.2 Покажите, что индукция магнитного поля в центре кольца рассчитывается по формуле

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}, \quad (2)$$

Магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$

2.3 Покажите, что на малом расстоянии от центра кольца ($r \ll R$) магнитное поле можно считать однородным.

2.4 Чему равен период колебаний маятника в этом случае?

2.5 Покажите, что в данной системе плоскость колебаний маятника будет поворачиваться. Укажите направление вращения плоскости колебаний.

2.6 Найдите период, за который плоскость колебаний маятника сделает полный оборот.

2.7 Проведите численные оценки этого периода.

Считайте, что сила тока в кольце равна $I = 10 \text{ А}$, используйте численные параметры, приведенные в п. 1.4

Да поможет Вам следующая часть задачи!

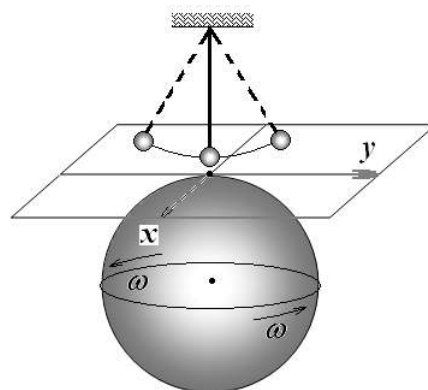
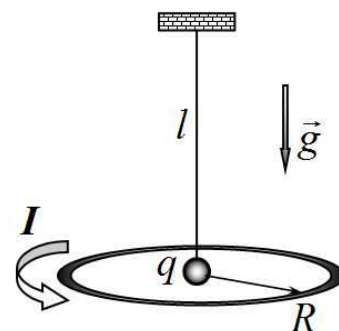
Часть 3. Маятник Фуко.

Массивный шар повешен на длинной нити на Северном полюсе Земли и совершает незатухающие колебания. Движение маятника будем рассматривать во вращающейся системе отсчета xOy , связанной с поверхностью Земли.

3.1 Покажите, что в этой системе отсчета плоскость колебаний маятника поворачивается. Укажите направление вращения плоскости колебаний. Приведите численное значение угловой скорости Ω вращения плоскости колебаний.

3.2 Нарисуйте схематически траекторию движения шара в системе отсчета, связанной с поверхностью Земли.

3.3 Запишите закон движения шара $x(t), y(t)$.



Пусть в некоторый момент времени нить маятника отклонена на некоторый угол α (меньший максимального), а плоскость колебаний маятника повернута на угол φ .

3.4 Нарисуйте направление вектора скорости шара $\vec{v}$ во вращающейся системе координат. Запишите значения проекций вектора скорости шара v_x, v_y на оси этой системы, как функции r — расстояния до положения равновесия, угла поворота φ и V_0 — скорости шара в инерциальной (не вращающейся) системе отсчета.

3.5 Нарисуйте направление вектора ускорения шара $\vec{a}$ во вращающейся системе координат (*Подсказка. Выполните предыдущий пункт для следующего момента времени*) Запишите значения проекций вектора ускорения шара a_x, a_y на оси этой системы, как функции r — расстояния до положения равновесия, a_0 — ускорения шара в инерциальной (не вращающейся) системе отсчета, и проекций скоростей v_x, v_y .

Продолжив эти упражнения, смело возвращайтесь к п.2.6!