

Задача 24 Сила Лоренца.

Заряженная частица, прошедшая ускоряющую разность потенциалов U , влетает в однородное магнитное поле с индукцией B . Вектор скорости частицы V составляет угол α с направлением линий магнитной индукции. Под действием силы Лоренца F_L частица движется по окружности или по винтовой линии радиусом R и шагом h . Период вращения частицы T , кинетическая энергия W , удельный заряд q/m .

Сформулируйте задачу, используя данные таблицы 24, и решите её.

Таблица 24

Вар	B , мТл	частица (заряд)	q/m Кл/кг	α , град	V , м/с	F_L , Н	W , кэВ	U , кВ	R , мм	T , мс	h , см
1	520	-	?	?	$2 \cdot 10^6$	-	-	-	40	-	0
2	15,1	-	?	-	?	-	-	2	10	-	0
3	12,5	электрон	-	90	-	-	-	-	-	?	?
4	-	-	-	45	-	?	0,1	-	0,4	-	?
5	10^{-3}	-	$1,76 \cdot 10^{11}$	-	?	?	-	-	50	-	20
6	9	электрон	-	?	?	-	-	-	10	-	7,5
7	2	протон	-	-	-	?	?	-	100	-	60
8	15	-	$48 \cdot 10^6$	55	?	-	-	-	?	-	44
9	20	электрон	-	?	$8 \cdot 10^6$?	-	-	1,96	-	-
10	?	1 нКл	-	30	10^5	10^{-6}	-	-	-	-	-
11	100	протон	-	30	-	-	?	?	15	-	-
12	-	-	-	90	-	?	1	-	1	-	?
13	300	?	-	-	10^6	?	12	-	40	-	0
14	250	-	?	?	10^6	-	-	-	83	-	0
15	13	электрон	-	30	-	-	-	?	?	-	11
16	160	α -частица	-	20	-	-	-	-	20	?	?
17	10^{-2}	-	?	30	10^5	-	-	-	?	13	-
18	225	протон	-	10	?	-	-	5	-	-	?
19	-	-	-	?	-	?	1,8	-	10	-	6,28
20	10	?	-	90	$2 \cdot 10^6$?	1	-	50	-	-
21	10	позитрон	-	60	?	-	0,12	-	-	-	?

Пример решения задачи 24 (вариант 21, таблица 24)

Позитрон с кинетической энергией $W=120$ эВ движется в однородном магнитном поле так, что вектор его скорости составляет угол $\alpha=60^\circ$ с направлением вектора магнитной индукции . Определить шаг винтовой линии, по которой движется позитрон, если $B=0,01$ Тл.

Дано: $W=120$ эВ ; $q=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл; $m=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг; $\alpha=60^\circ$; $B=0,01$ Тл

h -?

Решение :

Движение позитрона в магнитном поле можно представить в виде суперпозиции равномерного прямолинейного движения вдоль поля со скоростью \vec{V}_{\parallel} и равномерного движения по окружности с постоянной по модулю скоростью \vec{V}_{\perp} в плоскости, перпендикулярной полю.

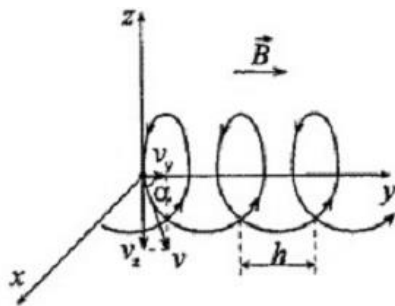


Рис.24

В результате сложения этих движений возникает движение по винтовой линии, ось которой параллельна магнитному полю.

Направление, в котором закручивается спираль, зависит от знака заряда частицы.

Направим вектор магнитной индукции \vec{B} вдоль оси ОУ (см.рис.24).

Продольная скорость $V_{\parallel} = V_y = V \cdot \cos \alpha$, поперечная скорость $V_{\perp} = V_z = V \cdot \sin \alpha$

Сила Лоренца зависит только от поперечной скорости \mathbf{V}_{\perp} и направлена вдоль оси ОХ.

Шаг винтовой линии равен перемещению позитрона со скоростью V_{\parallel} вдоль оси ОУ за один полный оборот, т.е. $h = V_{\parallel} \cdot T = V \cos \alpha \cdot T$

Для определения периода T запишем второй закон Ньютона:

$$F_{\text{Л}} = m \frac{mV_{\perp}^2}{R} \quad \text{или} \quad qV_{\perp}B = \frac{mV_{\perp}^2}{R}$$

Тогда радиус витка спирали $R = \frac{mV_{\perp}}{qB} = \frac{mV \sin \alpha}{qB}$, а период $T = \frac{2\pi R}{V_{\perp}} = \frac{2\pi mV_{\perp}}{qBV_{\perp}} = \frac{2\pi m}{qB}$

Подставим полученное выражение для периода в формулу шага винтовой линии

$$h = \frac{2\pi m}{qB} V \cos \alpha$$

Скорость V позитрона найдем, зная его кинетическую энергию $W = \frac{mV^2}{2}$.

При вычислении скорости V позитрона значение его кинетической энергии следует перевести в Дж.

$$V = \sqrt{\frac{2W}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 120 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}}{9.1 \cdot 10^{-31}}} = 6.6 \cdot 10^6 \text{ м/с}$$

Рассчитаем шаг винтовой линии $h=11,6$ мм.