



**Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Решение задачи 4. Масс-спектрометрия**

1. На ускоренные ионы, попадающие в магнитное поле, перпендикулярное направлению их движения, действует сила Лоренца

$$F = qvB,$$

где  $q$  – заряд иона,  $v$  – скорость его движения,  $B$  – магнитная индукция.

В результате ион начинает движение по круговой траектории, а сила Лоренца обеспечивает центростремительное ускорение

$$F = \frac{mv^2}{r},$$

где  $m$  – масса ускоренного иона,  $r$  – радиус окружности, которая является траекторией его движения. Таким образом,

$$qvB = \frac{mv^2}{r}$$
$$v = \frac{qrB}{m}$$

При этом потенциальная энергия иона, находящегося в электрическом поле, равна

$$W_p = qU,$$

где  $U$  – разность потенциалов.

Кинетическая энергия частицы равна

$$W_k = \frac{mv^2}{2}$$

По закону сохранения энергии

$$qU = \frac{mv^2}{2}$$
$$qU = \frac{mq^2r^2B^2}{2m^2}$$
$$r = \sqrt{\frac{2mU}{qB^2}}$$

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot 85 \cdot 1,6 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 2000 \text{ В}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 0,3^2 \text{ Тл}^2}} \approx 19 \text{ см}$$

2. Согласно полученному выражению, при заданных значениях напряжения и магнитной индукции радиус окружности зависит только от отношения массы иона к его заряду:

$$r = \sqrt{\frac{2mU}{qB^2}}$$

Поэтому в случае катионов  ${}^7\text{Li}^+$ ,  ${}^{28}\text{Si}^{4+}$ ,  ${}^{29}\text{Si}^{4+}$  будут наблюдаться два пика, один из которых соответствует  ${}^7\text{Li}^+$  и  ${}^{28}\text{Si}^{4+}$  (у обоих  $m/z = 7$ ), а второй –  ${}^{29}\text{Si}^{4+}$  ( $m/z = 7,25$ ).

Для катионов  ${}^{23}\text{Na}^+$ ,  ${}^{46}\text{Ti}^{2+}$ ,  ${}^{69}\text{Ga}^{3+}$  будет наблюдаться всего один пик, так как у них у всех отношение  $m/z = 23$ .

В случае катионов  ${}^{39}\text{K}^+$ ,  ${}^{40}\text{Ar}^+$ ,  ${}^{40}\text{Ca}^{2+}$  будут наблюдаться три пика, так как отношение  $m/z$  у всех разное: 39, 40 и 20, соответственно.