



Физика для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап) Решение задачи 2. Масс-спектр фуллерена

1. В масс-спектре присутствуют 5 пиков, соответствующих различным фрагментам исходной молекулы фуллерена. При этом суммарная масса частиц, характеризующихся пиками с одинаковой интенсивностью, составляет 720 а.е.м., что равно массе частицы с наибольшей интенсивностью и пиком, не имеющим пары. Поскольку масса 720 а.е.м. соответствует 60 атомам углерода, то в масс-анализатор попали ионизированный фуллерен C_{60} и его ионизированные осколки C_2 , C_4 , C_{56} , C_{58} . Таким образом, количество атомов углерода в изученном фуллерене равно 60.
2. Потенциальная энергия заряженной частицы, ускоренной в электростатическом поле, равна

$$E_p = qU,$$

где q – заряд частицы (Кл), U – разность потенциалов (В).

После попадания в камеру масс-анализатора (где электростатическое поле равно нулю), частица продолжит движение с постоянной скоростью, причём её кинетическая энергия равна

$$E_k = \frac{mv^2}{2},$$

где m – масса частицы (кг), v – её скорость (м/с). По закону сохранения энергии

$$\begin{aligned} E_k &= E_p \\ qU &= \frac{mv^2}{2} \\ v &= \sqrt{\frac{2qU}{m}} \end{aligned}$$

Поскольку движение происходит с постоянной скоростью, то

$$t = \frac{L}{v}$$

где L – длина камеры масс-анализатора (м), t – время, за которое частица пролетает камеру (с). Следовательно,

$$t = L \sqrt{\frac{m}{2qU}}$$

Таким образом, интервал времени между регистрируемыми событиями составляет

$$\Delta t = t_{720} - t_{696} = \frac{L}{\sqrt{2qU}} (\sqrt{m_{720}} - \sqrt{m_{696}})$$
$$\Delta t = \frac{20 \cdot 10^{-2}}{\sqrt{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2000}} \cdot \left(\sqrt{720 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}} - \sqrt{696 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}} \right) = 1,45 \cdot 10^{-7} \text{ с} = 145 \text{ нс}$$

3. Из решения предыдущего пункта следует, что время, за которое фрагмент преодолевает камеру масс-анализатора, прямо пропорционально корню из массы и обратно пропорционально корню из заряда:

$$t = \frac{L}{\sqrt{2U}} \sqrt{\frac{m}{q}}$$

Следовательно, время, за которое фрагменты с равными массами, но с зарядами $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл и $3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл преодолеют камеру масс-анализатора, отличается в $\sqrt{2}$ раз. Таким образом, подобные фрагменты различить можно.