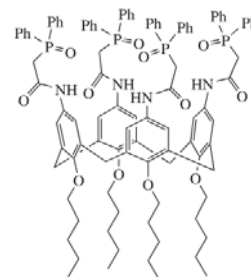


9. Волшебные нанокорзинки (12 баллов)

Каликсарены – молекулярные «нанокорзинки» – помогают выделять некоторые f-элементы из водного раствора при экстракции*. При этом коэффициент извлечения** f-элемента α при однократной процедуре экстракции рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{V_w}{DV_o}}, \quad \text{где } V_w - \text{объем исходного водного раствора элемента, } V_o - \text{объем органического растворителя, } D - \text{коэффициент распределения***.}$$



1. Рассчитайте коэффициент извлечения α катионов нептуния органическим растворителем с каликс[4]ареном (см. рис.), если известно, что $D = 1,1$ и $V_o = V_w$. (1 балл)

2. Во сколько раз объем V_o должен быть больше исходного V_w , чтобы при однократной процедуре экстракции для нептуния достигалась величина $\alpha = 0,95$? (1 балл)

Наравне с однократной применяют также многократную экстракцию, когда для каждой следующей операции берут новую порцию органического растворителя.

3. Выразите через α , какая доля нептуния (от содержавшегося в исходном водном растворе) извлекается на первом α_1 , втором α_2 , ..., n -ном α_n этапе экстракции. (1,5 балла) Каков суммарный коэффициент извлечения α_{sum} после n -кратной экстракции? (1,5 балла)

4. Сколько раз необходимо повторить экстракцию (при условии $V_o = V_w$ на каждом этапе), чтобы суммарный коэффициент извлечения нептуния достиг величины $\alpha_{sum} \approx 0,95$? (1,5 балла) Во сколько раз затраченный объем растворителя меньше, чем при однократной экстракции с $\alpha = 0,95$? (1 балл)

5. Имеется ограниченный объем растворителя с каликсареном ($V_o = kV_w$), который можно разделить на n равных порций и провести n последовательных экстракций. Каков при этом будет предельный суммарный коэффициент извлечения α_{sum} ? (3,5 балла) Каким должен быть коэффициент k , чтобы достичь при таком подходе $\alpha_{sum} = 0,95$? (1 балл)

Подсказка: $\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{c}{x}\right)^x = e^c$.

*Экстракция – в данном случае: метод извлечения, основанный на процессе переноса некоторого вещества из водного раствора в органический растворитель.

**Коэффициент извлечения α – доля вещества, которая перешла в органическую фазу в ходе экстракции.

***Коэффициент распределения экстрагируемого вещества между водной и органической фазами D характеризует процесс извлечения и в данном случае является константой.