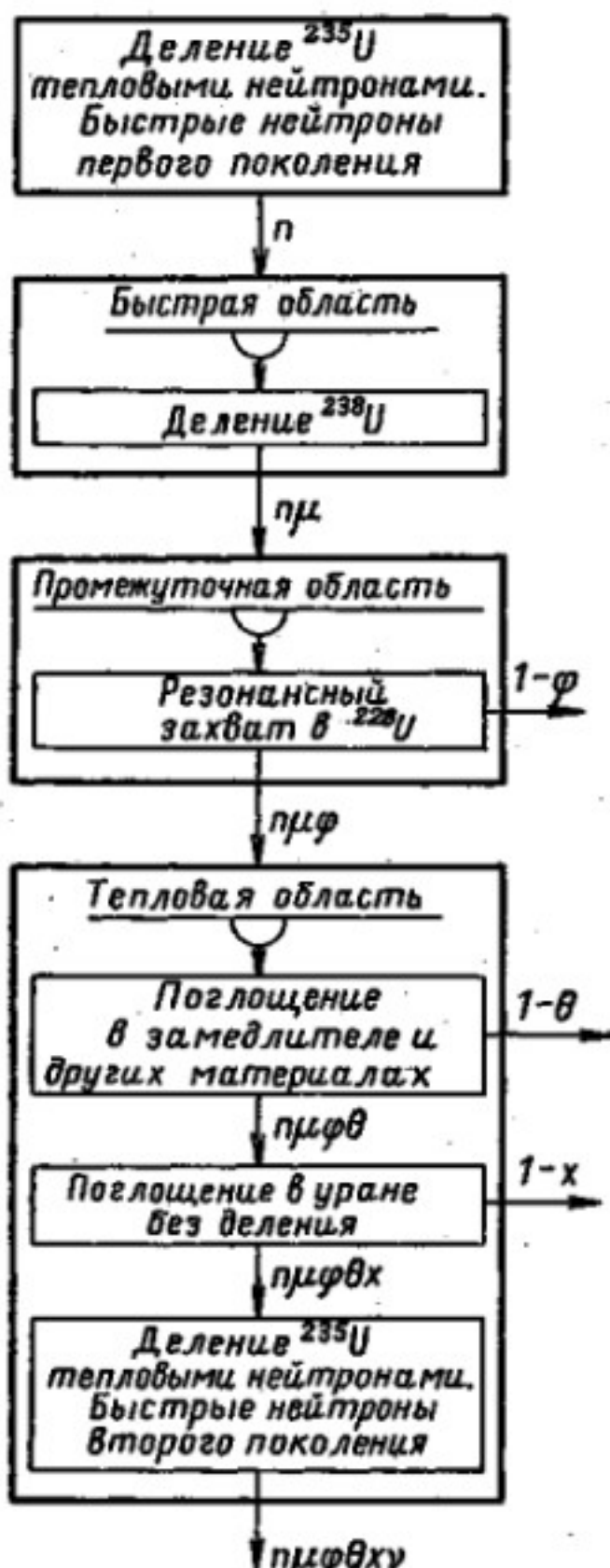


Занятие 6. Формула четырех сомножителей.

```
from IPython.display import Image  
print('Нейтронный цикл [Климов А.Н. Ядерная физика и ядерные реакторы.  
1985]')  
Image("./n_loop.png")
```

Нейтронный цикл [Климов А.Н. Ядерная физика и ядерные реакторы. 1985]



Формула четырех сомножителей: $k_{\infty} = \frac{n'}{n} = \frac{n \mu \phi \theta \eta}{n} = \mu \phi \theta \eta$, где

μ - коэффициент размножения на быстрых нейтронах;

ϕ - вероятность избежать резонансного захвата;

θ - коэффициент использования тепловых нейтронов (доля тепловых нейтронов, захваченных в топливе);

η - число эффективных нейтронов деления (быстрых нейтронов) на один тепловой нейтрон, захваченный в топливе.

1. Как вычислить коэффициент размножения на быстрых нейтронах μ ?

Среда гомогенная, принимаем $\mu = 1$, т.е. не учитываем размножение на быстрых нейтронах.

2. Как вычислить вероятность избежать резонансного захвата ϕ ?

Напоминание: $\Sigma = N * \sigma$

$$\phi = \exp\left(-\frac{N_{U-238} I_{a\phi}}{\xi_3 * \Sigma_{s3}}\right),$$

$$I_{a\phi} \approx 3.8 * \left(\frac{\Sigma_{sU-238} + \Sigma_{s3}}{N_{U-238}}\right)^{0.42} = 3.8 * \left(\sigma_{sU-238} + \frac{\sigma_{s3} * N_3}{N_{U-238}}\right)^{0.42},$$

$$N_U = N_{U-235} + N_{U-238}, \quad \frac{N_{U-235}}{N_{U-238}} = \chi$$

Для краткости записи индексы вида 'U - 235' и 'U - 238' заменяют на '5' и '8' соответственно.

$N = N' / V$ - объемная концентрация

$$v = \frac{m}{M} = \frac{N'}{N_A}$$

$$v = \frac{\rho V}{M} = \frac{N'}{N_A}$$

3. Как вычислить коэффициент использования тепловых нейтронов θ ?

$\Phi \Sigma = \Phi N \sigma$ - число реакций в единицу времени (1с) в единице объема (1 см³) при данном потоке Φ

Тогда коэффициент использования $\frac{\Phi \Sigma_{aT}}{\Phi \Sigma_{a, \text{компоненты}}} = \frac{N \sigma_{aT}}{\sum_{i \in \text{компоненты}} N_i \sigma_{a,i}}$, т.е.

$$\theta = \frac{\Sigma_{aT}}{\Sigma_{aT} + \Sigma_{a3} + \Sigma_{aTH} + \Sigma_{aK}}, \text{ где}$$

a (absorption) - поглощение = деление (f) + захват (c)

Компоненты среды реактора: топливо (Т), замедлитель (З), теплоноситель (ТН), конструкционные материалы (К)

4. Как вычислить число эффективных нейтронов деления η ?

$\Phi \Sigma = \Phi N \sigma$ - число реакций в единицу времени (1с) в единице объема (1 см³) при данном потоке Φ

Тогда доля эффективных нейтронов $\frac{\Phi \Sigma_f}{\Phi \Sigma_c + \Phi \Sigma_f} = \frac{N \sigma_f}{N \sigma_c + N \sigma_f}$, где

f (fission) - деление, c (capture) - поглощение,

N - объемная концентрация делящего вещества.

$$\eta = \frac{\nu_f * N_5 \sigma_{f5}}{N_5 * (\sigma_{c5} + \sigma_{f5}) + N_8 * \sigma_{c8}} = \frac{\nu_f * \sigma_{f5}}{(\sigma_{c5} + \sigma_{f5}) + N_8 / N_5 * \sigma_{c8}} = \frac{\nu_f * \sigma_{f5}}{(\sigma_{c5} + \sigma_{f5}) + 1/k * \sigma_{c8}}$$

Суть лабораторной работы

0. Состав гомогенного реактора

[РОСФОНД](#) - РОСсийская библиотека Файлов Оцененных Нейтронных Данных

Image (`"./matters.png"`)

Группа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Период	1	2																
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	*57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	**89 Ac															
*Лантаноиды			58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu		
**Актиноиды			90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 Yb	103 Lr		

Замедлители	Основные топливные материалы
Поглотители	«Младшие актиноиды»
Продукты деления	Конструкционные материалы
Теплоносители	Нейтронные данные приводятся
	Нейтронные данные не приводятся

1. Как пересчитать концентрации, учитывая доли в смеси?

```
import numpy as np

# Доля материалов в ячейкам реакторов типа РБМК
rbmk_fracs = {'t': 0.0316, 'tn': 0.038, 'k': 0.903, 'z': 0.0272}
np.testing.assert_approx_equal(np.sum(list(rbm_fracs.values())), 1,
                                significant=3)
```

В формулах, где в явном виде остается N_q - концентрация вещества q , необходимо заменить запись на $N_q * \epsilon_q$, где ϵ_q - объемная доля вещества q в смеси.

2. Как оформить код для вычисления разных компоновок реактора?

Классы Python

```
# Доля материалов в ячейкам реакторов типа ВВЭР
vver_fracs = {'t': 0.002, 'tn': 0.9974, 'k': 0.002, 'z': 0.0}
np.testing.assert_approx_equal(np.sum(list(vver_fracs.values()))), 1,
significant=3)
```

3. Где найти значения микросечений?

[ENDF: Evaluated Nuclear Data File](#) - таблицы экспериментальных параметров ядерных реакций.

Если есть, берем значение РОСФОНД-2010, если нет - указываем выбранную базу в комментарии при сохранении значения в переменную.

У меня остались вопросы.

Вопрос можно задать на втором листе excel-файла с таблицей успеваемости.