

Ядерная геофизика

# Характеристика нейтронов

Исполнитель: Жаков

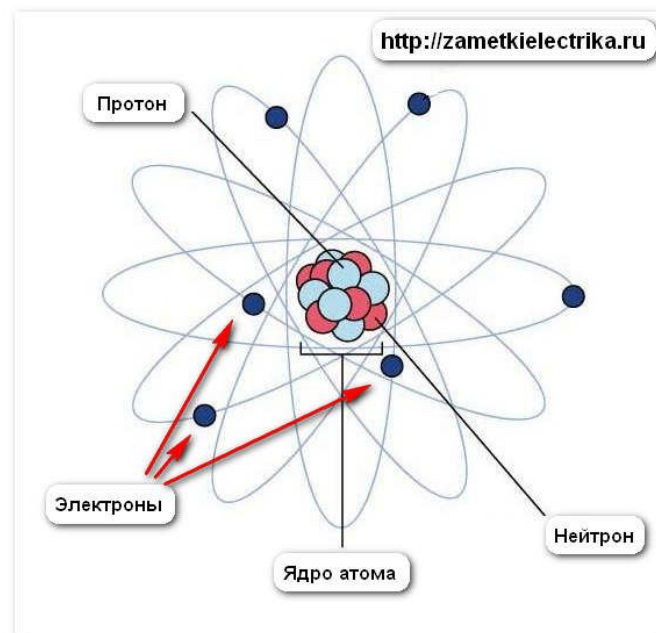
Н.Е.  
Руководитель: Гершанок

В.А.

Пермь 2016

# Нейтрон

- элементарная частица, не имеющая электрического заряда и с массой в одну атомную единицу
- нейтральная частица, относящаяся к классу барионов. Вместе с протоном нейтрон образует атомные ядра. Масса нейтрона  $m = 938.57 \text{ МэВ}/c^2 \approx 1.675 \cdot 10^{-24} \text{ г}$ .
- время жизни свободного нейтрона  $t_n \approx 890 \text{ сек}$ . В составе атомного ядра нейтрон может быть столь же стабилен, как и протон.
- нейтрон, будучи адроном, участвует в сильном взаимодействии.
- нейтрон был открыт в 1932 г. Дж. Чедвиком.
- нейтрон нестабилен в свободном состоянии.



# Нейтронное излучение

представляет собой поток ядерных частиц, не имеющих электрического заряда.

**НЕЙТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ**

ПОТОК НЕЙТРАЛЬНЫХ, НЕЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ, ОБЛАДАЮЩИХ ОГРОМНОЙ ПРОНИКАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ.

В БОЛЬШИНСТВЕ СЛУЧАЕВ ПОГЛОЩЕНИЕ ЯДРАМИ НЕЙТРОНОВ ПРИВОДИТ К ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЮ



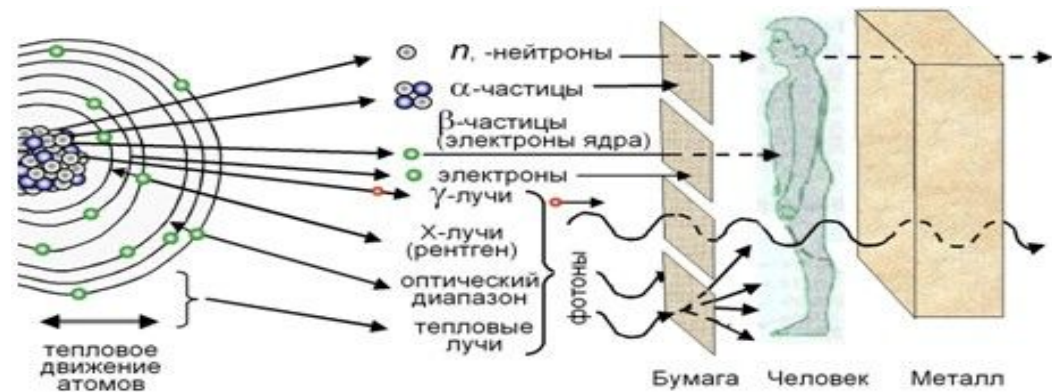
1 - нейтрон  
2 - альфа-частица  
3 - бета-частица  
4 - гамма-излучение

Бетонная плита задерживает  $\alpha$ -излучение,  $\beta$ -излучение,  $\gamma$ -излучение и нейтронное излучение

MyShared

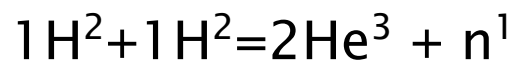
# Свойства

- Так как нейтроны не имеют заряда, они не взаимодействуют с ядрами и поэтому достаточно глубоко проникают в вещество.
- Нейтроны входят в состав ядер всех химических элементов ( кроме H) и связаны внутри атомными силами
- В свободном состоянии они не стабильны и распадаются с периодом полураспада 11.7 мин, переходя в протон и испуская  $\beta$ -частицу (электрон)
- Поглощающие нейтроны элементы, называют нейтроно-поглощающими
- В свободном состоянии нейтроны существуют редко.(космические лучи, при распаде урана и тория и при облучении горных пород  $\alpha$ -частицами при распаде естественных элементов



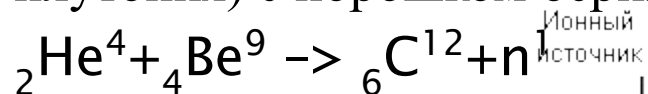
# Получение нейтронов

Для получения нейтронов обычно используют специальные генераторы, которые являются управляемыми источниками нейтронов и представляют собой малогабаритные ускорители заряженных частиц. В качестве таких частиц используют ядра тяжелого водорода – дейтерия  $1\text{H}2$ . Они разгоняются в электрическом поле высокой напряженности и бомбардируют тонкие мишени из материалов, насыщенных дейтерием или сверхтяжелым водородом – тритием  $1\text{H}3$



$1\text{H}2 + 1\text{H}3 = 2\text{He}4 + n^1$  - чаще используется, выход нейтронов до  $10^6$  нейтр/с

Также используют смеси естественных  $\alpha$  – излучателей (полония, радия, плутония) с порошком бериллия или бора.



# Энергия нейтронов

Проникающая способность нейтронов зависит от их энергии, но она существенно выше, чем у альфа- или бета-частиц.

Энергия нейтронов изменяется в очень широких пределах и в зависимости от нее нейтроны условно делятся на следующие группы:

- 1) Быстрые ( $E > 0,5\text{МэВ}$ );
- 2) Промежуточные (от  $1\text{КэВ}$  до  $0,5\text{МэВ}$ );
- 3) Медленные ( $E < 1\text{КэВ}$ );
- 4) Резонансные (от  $1$  до  $100\text{эВ}$ );
- 5) Надтепловые ( $E = 0,05\text{эВ}$ );
- 6) Тепловые ( $E = 0,025\text{эВ}$ );
- 7) Холодные ( $E < 0,5\text{эВ}$ );

Если энергию нейтронов выразить в электронвольтах, а скорость в сантиметрах в секунду, то эта зависимость имеет вид

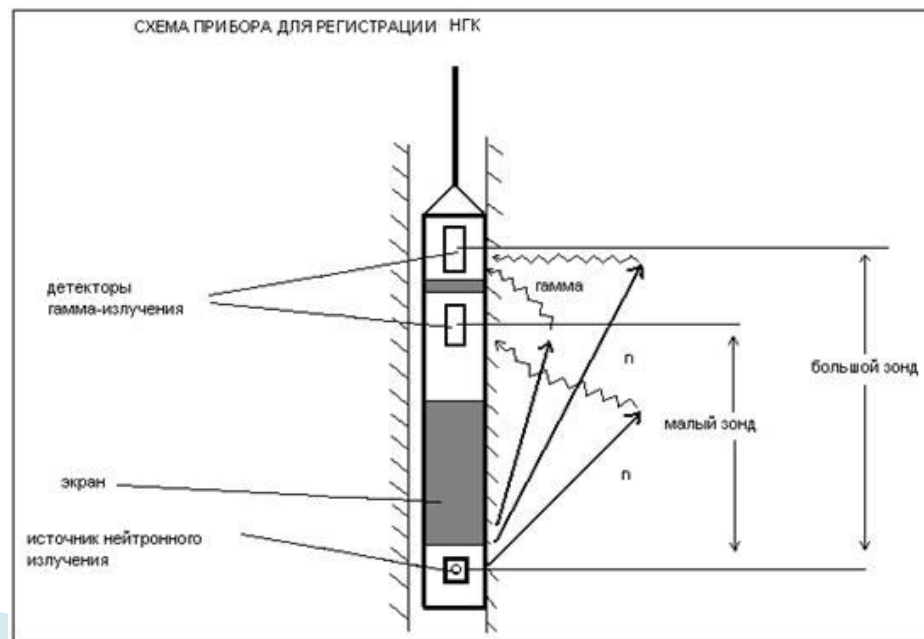
$$V=1,38*10^6 *E^{0,5}$$

Таким образом, скорость тепловых нейтронов составляет около 2,2 км/с.

При прохождении нейтронов в среде и в результате механического воздействия на ядра элементов нейтроны сначала уменьшают свою кинетическую энергию и замедляются, а затем, становясь тепловыми, поглощаются ядрами нейтронопоглощающих элементов.

Наибольшее потеря энергии, а значит наибольшее замедление, наблюдается при соударении с ядром, имеющим равную с нейтроном массу (ядро водорода).

Следовательно, водород является аномально высоким замедлителем нейтронов. Это свойство используется для изучения водородсодержащей среды, а на основании этого изучается ряд физических свойств горных пород, в частности, коэффициенты пористости, водо-, нефте-, газонасыщения ( по методам ГИС ННГ и НГК, ИННК). Кроме того, водородсодержащие среды используются в качестве защитных материалов от нейтронов.





## Поглощающая способность

Поглощение нейтронов зависит от присутствия в породе элементов с высоким сечением поглощения нейтронов количественно характеризуется нейтронным эффективным сечением  $\sigma$ . Полное сечение равняется сумме отдельных сечений,  $\sigma = \sigma_p + \sigma_z$ . Нейтронное сечение выражается в барнах (1 барн =  $10^{-24}$  см<sup>2</sup> /ядро)

Некоторые основные аномальные поглотители тепловых нейтронов (по Ю.И. Горбачеву)

| Элемент   | Среднее содержание, г/т | $\sigma_z$ , барн |
|-----------|-------------------------|-------------------|
| Гадолиний | 4,5                     | 49000             |
| Самарий   | 5,25                    | 5800              |
| Кадмий    | 0,3                     | 2450              |
| Бор       | 110                     | 760               |
| Ртуть     | 0,023                   | 375               |
| Гафний    | 6                       | 102               |
| Золото    | 0,001                   | 99                |
| Литий     | 60                      | 71                |
| Хлор      |                         | 33                |

# Заключение

Проникающая способность нейтронов очень велика по причине отсутствия заряда и, как следствие, слабого взаимодействия с веществом они проникают достаточно глубоко. Проникающая способность нейтронов зависит от их энергии и состава атомов вещества, с которыми они взаимодействуют.

Свойства нейтронов поглощаться ядрами различных элементов широко используется на практике для определения содержаний элементов в породе, а так же для определения коэффициентов пористости, водо-, нефте-, газонасыщения в ГИС.