## НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О СВОЙСТВАХ ТЯЖЁЛЫХ ЯДЕР.

За последнее время в литературе появился ряд работ, посвящённых в основном различным вопросам, связанным с делением ядер урана. Ниже коротко рассматривается основное содержание этих работ.

### І. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСКОЛКОВ ПРИ ДЕЛЕНИИ НЕЙТРОНАМИ РАЗЛИЧНЫХ ЭНЕРГИЙ 1

Тонкий слой урана (0,14 мг/см2), обогащённого изотопом U235. был нанесён на высоковольтный электрод ионизационной камеры и облучался нейтронами с энергией 2,5 Мэв и 14 Мэв. Нейтроны указанных энергий получались при бомбардировке дейтеронами дейтериевых и тритиевых

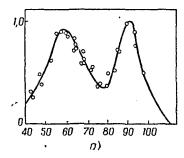
Импульсы ионизации в камере, вызванные осколками деления, вначале усиливались, а затем подавались на 10-канальный амплитудный анализатор и сосчитывались. Вид полученных спектров приводится на рис. 1.

Для контроля аппаратуры был также сият энергетический спектр осколков деления, вызванного тепловыми нейтронами.

Вид этого спектра, приведённый на рис. 2, хорошо согласуется с дан-

ными других авторов.

Аналогичные работе 1 измерения проводились Юнгерманом и Райтом 2 при энергиях нейтронов 45 *Мэв* и 90 *Мэв*. Они нашли, что кривая энергетического спектра осколков деления от нейтронов с энергией 45 *Мэв* 



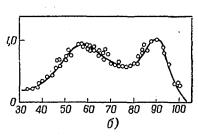


Рис. 1. Энергетический спектр осколков деления.

- а) От нейтронов с энергией 2,5 Мэв (ось абсцисс: энергия в Мэв, ось ординат: количество отсчётов (в относит. ед.)).
- б) От нейтронов с энергией 14 Мэв (ось абсцисс: энергия в Мэв, ось ординат: количество отсчётов (в относит. ед.)).

имеет очень небольшую «впадину» между двумя максимумами, а кривая для нейтронов с энергией 90 *Мэв* имеет только один максимум.

Сопоставление всех этих данных вновь подтверждает возрастание вероятности симметричного деления с увеличением энергий, вызывающих деление частиц.

# II. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР ВТОРИЧНЫХ НЕЙТРОНОВ ПРИ ДЕЛЕНИИ [U235 ТЕПЛОВЫМИ НЕЙТРОНАМИ 3

Алюминиевая пластинка, на которую был нанесён слой  $U^{235}$  в виде окисла  $U_3O_8$  толщиной 250 микронов, помещалась в пучок тепловых нейтронов, выходящих из ядерного реактора.

Нейтроны, испущенные при делении ядер урана, регистрировались с помощью толстослойной фотоэмульсии по протонам отдачи.

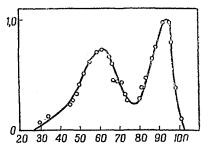


Рис. 2. Энергетический спектр осколков U<sup>235</sup> при делении тепловыми нейтронами. (Ось абсцисс: энергия в *Мэв*, ось ординат: количество отсчётов (в относит. ед.).)

Экспериментальный фон по возможности уменьшённый выбором геометрии опыта и применением различных экранов, контролировался экспозицией, проведённой в тех же условиях, но с заменой пластинки с ураном алюминиевой пластинкой без урана.

При просмотре эмульсии анализировались только те треки, которые образовывали угол со средним направлением движения нейтронов, не превышающий 10°. В результаты вносились исправления на выход из эмульсии некоторых треков и на «усадку» эмульсии. Экспериментальный фон не учитывался, так как был менее 5%.

#### из текущей литературы

Всего было обработано 4700 треков. Из распределения протонов отдачи и известных величин поперечных сечений столкновения водорода с нейтронами было получено энергетическое распределение вторичных нейтронов, представленное на рис. 3.

Эти данные, охватывающие интервал энергии нейтронов от 0,4 *Мэв* до 7 *Мэв*, находятся в хорошем согласии с полуэмпирической формулой,

приводимой в 4:

$$N(E) = e^{-E} \cdot \sin \sqrt{2E}$$

и представленной пунктирной кривой на рис. 3.

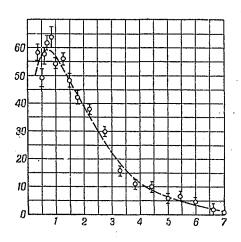


Рис. 3. Спектр вторичных нейтронов при делении  $U^{235}$ . (Ось абсцисс: E (M38), ось ординат: N (E).)

Как эксперимент, так и полуэмпирическая формула указывают на то, что максимум спектра вторичных нейтронов расположен при энергии 0.7-0.8~M эв

# III. ДАННЫЕ ОБ ЭФФЕКТИВНЫХ НЕЙТРОННЫХ СЕЧЕНИЯХ ЯДЕР УРАНА

1. Для тепловых нейтронов, имеющих максвелловское распределение скоростей при наиболее вероятной скорости  $2200 \, \text{м/сек}$ , в <sup>5</sup> приводятся следующие значения эффективных сечений ядер урана (в единицах  $10^{-24}$  с м²):

	U235	<b>U2</b> 38	Естествен- ная смесь изотопов
Деление	549	0	3,92
Захват	101	2,80	3,5
Рассеяние	8,2	8,2	8,2

2. Зависимость поперечного сечения деления естественной смеси изотопов урана от энергии делящих нейтронов согласно <sup>4</sup> приводится на рис. 4.

Топов урана от энергии делящих пентронов согласно - приводится и риским кривая соответствует наиболее надёжным данным, охватывающим энергетический интервал нейгронов от 0,7 до 5 Мэв. Кроме того, в 4 и 5 приводится ряд данных, относящихся к делению U238 в естественной смеси изотопов. Сечение такого деления нейтронами со спектром вторичных нейтронов деления составляет 0,29·10—24 см². Усреднённое по спектру

вторичных нейтронов сечение радиационного захвата составляет 0,04·10<sup>-24</sup> см<sup>2</sup>.

Число нейтронов, испущенных при делении U<sup>238</sup> надпороговыми нейтронами, составляет 2,55, т. е. практически равно числу вторичных нейтронов при делении U<sup>235</sup> тепло-

выми нейтронами  $(2,5\pm0,1)$ .

Полное эффективное сечение ядер U<sup>238</sup> относительно вторичных нейтронов деления составляет 4,3·10<sup>-24</sup> см², причём сечение упругого рассеяния равно 1,5·10<sup>-24</sup> см², а сечение неупругих столкновений (исключая деление и радиационный захват) 2,47·10<sup>-24</sup> см². В 5 приводится приближённая экспериментальная формула для интегрального сечения резонансного поглощения:

$$\int \sigma_c(E) \frac{dE}{E} = A \left[ 1 + \alpha T + \mu \frac{S}{M} \right],$$

где S  $(c.m^2)$  — поверхность уранового блока; M (z) — его масса;  $\alpha \cong 10^{-4}$  1/градус, а температура T выражена в градусах C.

Константы A и  $\mu$  различны для случаев металлического урана или окиси урана. Так, для металлического урана  $A=9,25\cdot 10^{-24}$  см², а  $\mu=2,67$  г/см². Для  $U_3O_8$   $\mu=1,67$  г/см². Предельное значение интегрального сечения при наибольшем «разбавлении» урана составляет  $240\cdot 10^{-24}$  см².

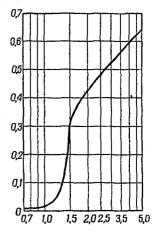


Рис. 4. Зависимость поперечного сечения деления естественной смеси изотопов урана от энергии нейтронов. (Ось абсцисс: энергия нейтронов (Мэв), ось ординат: поперечное сечение деления (в ед. 10<sup>-24</sup> см²).)

Логарифмическая ширина резонансной полосы поглощения  $\ln \frac{E_0}{E}$  равна около 5,6 для металла и около 7,3 для окислов. Обратная диффузионная длина  $K_0$  для резонансных нейтронов есть  $K_0=0,022~\rho~cm^{-1}$ , где  $\rho~(z/cm^3)$  — плотность урана.

# IV. ПОПЕРЕЧНОЕ СЕЧЕНИЕ ПЛУТОНИЯ И КСЕНОНА ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ 5

- 2. Поперечное сечение захвата (без деления) Pu<sup>239</sup> . . . . 361·10—24 см<sup>2</sup>.
- 3. Количество вторичных нейтронов на одно деление  $Pu^{239} \cdot 3,0 \pm 0,1$ .

## ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1. Stephen S. Friedland, Phys. Rev. 84, 75 (1951).
- 2. J. Jungerman, S. C. Wright, Phys. Rev. 76, 1112 (1949).
- 3. Norris Nereson, Phys. Rev. 85, 600 (1952).
- 4. Nucleonics, 8, 78 (1951).
- 5. Nature, 169, 871 (1952).

Ю. И.