

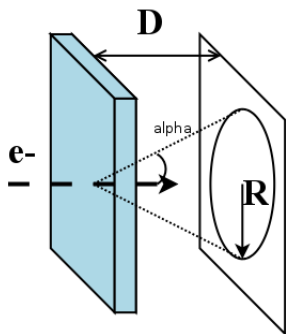
## Семинар 3

### Взаимодействие $\gamma$ - квантов с веществом.

- 3.1. На свинцовую пластинку толщиной 2 см вертикально падает поток  $\gamma$ -квантов с энергией 1.5 МэВ и интенсивностью  $10^6$  частиц/с. Найти интенсивность  $\gamma$ -квантов после прохождения пластины, если их линейный коэффициент ослабления  $0.59 \text{ см}^{-1}$ .
- 3.2. Два узких пучка  $\gamma$ -квантов одинаковой интенсивности с энергиями 40 и 80 кэВ проходят через кремниевую пластинку толщиной 1 см. Найти отношение интенсивностей пучков после пластинки.
- 3.3. Определить толщину алюминиевой пластинки, которая ослабляла бы пучок рентгеновского излучения с энергией 500 кэВ в такой же степени, как свинцовая пластика толщиной 5 мм.
- 3.4. Цинковая пластинка ослабляет пучок рентгеновского излучения с энергией 100 кэВ в два раза эффективнее пучка с энергией 300 кэВ. Найти толщину пластинки и степень ослабления пучка с меньшей энергией.
- 3.5. Найти энергию пучка  $\gamma$ -квантов, который при прохождении алюминиевой пластины толщиной 3 см ослабляется в 2.5 раза.
- 3.6. Определить изменение энергии и длины волны рассеянного на электроне  $\gamma$ -кванта, если его начальная энергия 2 МэВ, а угол рассеяния  $150^\circ$ .
- 3.7. Показать при помощи законов сохранения энергии и импульса, что  $\gamma$ -квант не может образовать электрон-позитронную пару вне поля ядра. Получить выражение для пороговой энергии образования пары в поле ядра массой  $M$ . Возможно ли образование электрон-позитронной пары в поле атомного электрона и если да, то чему равна пороговая энергия?
- 3.8. Тонкую свинцовую пластинку, помещённую в камеру Вильсона, в свою очередь расположенную в магнитном поле, облучали  $\gamma$ -квантами с энергией 3 МэВ. Было обнаружено, что образующихся электронных треков в 3.7 раза больше, чем позитронных. Найти отношение вероятностей образования электрон-позитронных пар и других процессов.

### Методы регистрации частиц и излучений. Детекторы излучений.

- 3.9. На вход системы магнитов, выделяющих частицы с определенным импульсом, поступает смесь из электронов, пионов и протонов. На выходе системы расположен детектор из кремния толщиной 1 мм. Определить, возможна ли идентификация частиц по сорту при настройке системы магнитов на импульс величиной 1, 10, 100 и 1000 МэВ/с.



- 3.10. Установка для идентификации сорта частиц состоит из кремниевого детектора толщиной 25 мкм, за которым расположен кремниевый детектор толщиной 2 мм. Найти минимальную и максимальную энергию регистрируемых изотопов водорода и гелия.

- 3.11. Детектор излучения Вавилова-Черенкова RICH (Ring Image Cherenkov Detector) состоит из рабочего вещества (стекла с показателем преломления  $n=1.1$ ) толщиной 1 мм и чувствительного экрана, находящегося на расстоянии 20 см от него. Найти радиус кольца на экране, возникающего вследствие излучения электрона с энергией 1 МэВ.

- 3.12. Для регистрации электрона с энергией 100 ГВ в калориметре из вольфрама, вычислить:

- минимальный продольный и поперечный размеры калориметра;
- средние плотность частиц и энерговыделение.

## Дополнительная информация

### 1. Характеристики электромагнитного каскада

Радиационная длина:

$$X_0 = \frac{180A}{Z^2} \left[ \frac{\text{г}}{\text{см}^2} \right]$$

Радиус Мольера ( $R_M$ ):

$$R_M \left( \frac{\text{г}}{\text{см}^2} \right) \simeq 21 \text{МэВ} \left( \frac{X_0}{E_c \text{МэВ}} \right)$$

В цилиндре с радиусом  $2R_M$  поглощается 95% энергии ливня.

Максимальное число частиц в электромагнитном каскаде образуется на глубине:

$$t_{max} = \ln \left( \frac{E_0}{E_c} \right) / \ln 2$$

95 % длины электромагнитного ливня:

$$t_{95\%} = t_{max} + 0.087 Z_{cp} + 9.6$$

Полное число частиц в электромагнитном каскаде будет  $\sim \frac{2E_0}{E_c}$

Полная длина электромагнитного каскада  $l = \frac{E_0 X_0}{E_c}$ ,

где  $E_0$  – энергия влетевшей частицы,  $E_c$ -критическая энергия

$$E_c = \frac{800}{Z_{cp}}$$

Приложение с массами атомов ядер

### 2. Массовый коэффициент ослабления $\gamma$ -излучения.

Е, МэВ	$_{13}Al$	$_{14}Si$	$_{30}Zn$	$_{82}Pb$
0.02	3.19	4.18	35.8	83.10
0.03	0.973	1.25	11.5	28.60
0.04	0.473	0.592	5.13	13.30
0.05	0.308	0.367	2.73	7.30
0.06	0.237	0.272	1.63	4.48
0.08	0.179	0.196	0.766	2.07
0.10	0.156	0.167	0.451	5.32
0.15	0.131	0.137	0.214	1.90
0.20	0.119	0.123	0.150	0.993
0.30	0.102	0.106	0.109	0.369
0.40	0.0917	0.0950	0.0921	0.215
0.50	0.0839	0.0868	0.0825	0.150
0.60	0.0775	0.0802	0.0755	0.117
0.80	0.0681	0.0703	0.0658	0.0840
1.0	0.0612	0.0632	0.0589	0.0680
1.5	0.0500	0.0517	0.0480	0.0508
2.0	0.0431	0.0446	0.0422	0.0451
3.0	0.0355	0.0367	0.0361	0.0416
Плотность, г/см <sup>3</sup>	2.7	2.33	7.13	11.34