

2. ДОЗА ОТ АЛЬФА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Пробег α -частиц в воздухе описывается соотношением:

$$R_g = aV^3 = kE^{3/2},$$

где R_g – пробег, см; $a = 9,67 \cdot 10^{-28}$; V – скорость α - частицы, см/сек; k – численный коэффициент, зависящий от температуры и давления; E – энергия α -частиц, МэВ.

При 15°C и 760 мм рт. ст. $k=0,318$ и $R_g = 0,318\sqrt{E^3}$ см.

Табл.3. (Продолжение).

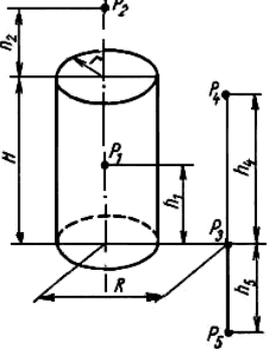
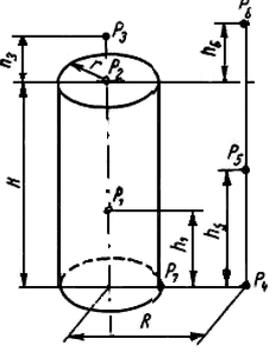
Источник	Геометрия	Расчетные формулы
<p>Полый цилиндрический источник. Внутренняя поверхность равномерно покрыта точечными изотропными источниками. Удельная активность q мюри/см²</p>	<p>1. Источник без защиты</p> 	<p>Мощность дозы от цилиндрического источника складывается из мощности доз от боковой поверхности и мощностей доз от нижней и верхней крышек. Здесь приводятся формулы для расчета мощности дозы от боковой поверхности. Крышки рассматриваются как дискоиды</p> $P_1 = 2\pi q K_\gamma \left(\text{arctg} \frac{h_1}{r} + \text{arctg} \frac{H-h_1}{r} \right),$ $P_2 = 2\pi q K_\gamma \left(\text{arctg} \frac{H+h_2}{r} - \text{arctg} \frac{h_2}{r} \right),$ $P_3 = \frac{2\pi q K_\gamma r}{R+r} F(\varphi, k),$ <p>где $\varphi = \text{arctg} \frac{H}{R-r}$; $k = \frac{2\sqrt{Rr}}{R+r}$; $F(\varphi, k)$ – эллиптический интеграл первого рода.</p> $P_4 = \frac{2\pi q K_\gamma r}{R+r} [F(\varphi_1, k) + F(\varphi_2, k)],$ <p>где $\varphi_1 = \text{arctg} \frac{h_4}{R-r}$; $\varphi_2 = \text{arctg} \frac{H-h_4}{R-r}$;</p> $k = \frac{2\sqrt{Rr}}{R+r}, P_5 = \frac{2\pi q K_\gamma r}{R+r} [F(\varphi_3, k) - F(\varphi_4, k)],$ <p>где $\varphi_3 = \text{arctg} \frac{H+h_5}{R-r}$; $\varphi_4 = \text{arctg} \frac{h_5}{R-r}$; $k = \frac{2\sqrt{Rr}}{R+r}$.</p>
<p>Цилиндрический непоглощающий источник (цилиндр, заполненный радиоактивным газом). Удельная активность q мюри/см²</p>	<p>1. Источник без защиты</p> 	$P_1 = 2\pi q K_\gamma \left[r \text{arctg} \frac{h_1}{r} + r \text{arctg} \frac{H-h_1}{r} - h_1 \ln \frac{h_1}{\sqrt{h_1^2 + r^2}} - (H-h_1) \ln \frac{H-h_1}{\sqrt{(H-h_1)^2 + r^2}} \right],$ $P_2 = 2\pi q K_\gamma \left(r \text{arctg} \frac{H}{r} - H \ln \frac{H}{\sqrt{H^2 + r^2}} \right).$ <p>Примечания: 1. При $\frac{H}{r} > 6$ $P_2 = \pi^2 q r K_\gamma$. 2. При $\frac{H}{r} < 0,4$ $P_2 = 2\pi q K_\gamma H \left(1 + \ln \frac{r}{H} \right)$.</p> $P_3 = 2\pi q K_\gamma \left[r \text{arctg} \frac{H+h_3}{r} - (H+h_3) \ln \frac{H+h_3}{\sqrt{(H+r)^2 + r^2}} - r \text{arctg} \frac{h_3}{r} + h_3 \ln \frac{h_3}{\sqrt{h_3^2 + r^2}} \right]$ $P_4 = \pi q K_\gamma h_4 \left\{ 1 + \ln \frac{H^2 + r^2 - R^2 + \sqrt{H^4 + 2H^2(R^2 + r^2) + (R^2 - r^2)^2}}{2H^2} - \frac{R-r}{H} F(\varphi, k) - \frac{R+r}{H} [\text{tg} \sqrt{1-k^2} \sin^2 \varphi - E(\varphi, k)] \right\},$ <p>где $\varphi = \text{arctg} \frac{H}{R-r}$; $k = \frac{2\sqrt{Rr}}{R+r}$,</p> <p>где $F(\varphi, k)$ – эллиптический интеграл первого рода; $E(\varphi, k)$ – эллиптический интеграл второго рода.</p>

Табл.3. (Окончание).

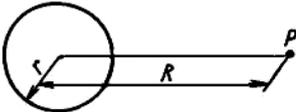
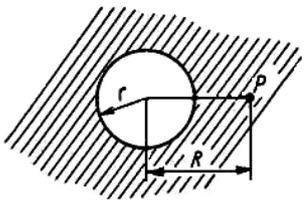
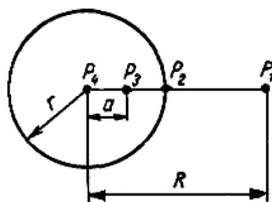
Источник	Геометрия	Расчетные формулы
<p>Сферический источник с равномерно распределенными по поверхности точечными изотропными источниками. Удельная активность q мкюри/см². Полость источника не заполнена поглощающим веществом</p>	<p>1. Источник без защиты</p>  <p>2. Источник в бесконечной поглощающей среде</p> 	$P = \frac{2\pi q K_{\gamma} r}{R} \ln \frac{R+r}{R-r}.$ $P = 2\pi q K_{\gamma} \frac{r}{R} \sum_{i=1}^2 A_i \left\{ E_1 [\mu_i (R-r)] - E_1 [\mu_i (R+r)] \right\} + \frac{R}{r} T\left(\frac{R}{r}; \mu_i R\right) \Bigg\},$
<p>Шаровой источник с равномерно распределенными по объему точечными изотропными источниками. Удельная активность q мкюри/см³</p>	<p>1. Источник без защиты</p> 	<p>В точке P_1</p> <p>а) без учета самопоглощения в источнике</p> $P_1 = \frac{2\pi q K_{\gamma}}{R} \left[2Rr + (R^2 - r^2) \ln \frac{R+r}{R-r} \right];$ <p>б) с учетом самопоглощения в источнике</p> <p>1) точка P_1 вблизи источника (для $\mu_s r < 1$)</p> $P_1 = \frac{4}{3} \pi r^3 q K_{\gamma} \left[1 - \frac{3}{4} \mu_s r + \frac{4}{10} (\mu_s r)^2 - \frac{1}{6} (\mu_s r)^3 + \frac{2}{35} (\mu_s r)^4 - \frac{1}{60} (\mu_s r)^5 + \dots \right];$ <p>2) точка P_1 далеко от источника ($R > 3r$)</p> $P_1 = \frac{4}{3} \frac{\pi r^3 q K_{\gamma}}{R^2} F_{ш}(\mu_s r),$ <p>где $F_{ш}(\mu_s r)$ — коэффициент самопоглощения для шарового источника.</p> <p>В точке P_2 без учета многократного рассеяния в источнике</p> $P_2 = \frac{2\pi q K_{\gamma}}{\mu_s} \left[1 - \frac{1}{2\mu_s r} \left(1 - e^{-2\mu_s r} \right) \right].$ <p>В точке P_3 без учета многократного рассеяния в источнике</p> $P_3 = \frac{4\pi q K_{\gamma}}{\mu_s} \left\{ 1 - \frac{1}{2} \left[e^{-\mu_s(r-a)} + e^{-\mu_s(r+a)} \right] - \frac{1}{4\mu_s a} [1 + \mu_s(r-a)] e^{-\mu_s(r-a)} + \frac{1}{4\mu_s a} [1 + \mu_s(r+a)] e^{-\mu_s(r+a)} + \frac{\mu_s(r^2 - a^2)}{4a} E_1[\mu_s(r-a)] - \frac{\mu_s(r^2 - a^2)}{4a} E_1[\mu_s(r+a)] \right\}.$ <p>В точке P_4 без учета многократного рассеяния</p> $P_4 = \frac{4\pi q K_{\gamma}}{\mu_s} \left(1 - e^{-\mu_s r} \right).$ <p>В точке P_4 при $r = \infty$</p> <p>а) без учета многократного рассеяния $P_4 = \frac{4\pi q K_{\gamma}}{\mu_s};$</p> <p>б) с учетом многократного рассеяния $P_4 = \frac{4\pi q K_{\gamma}}{\gamma}.$</p>

Рис.2. Схема компьютерной программы для расчета сложной защиты от смешанного нейтронного и гамма-излучения.

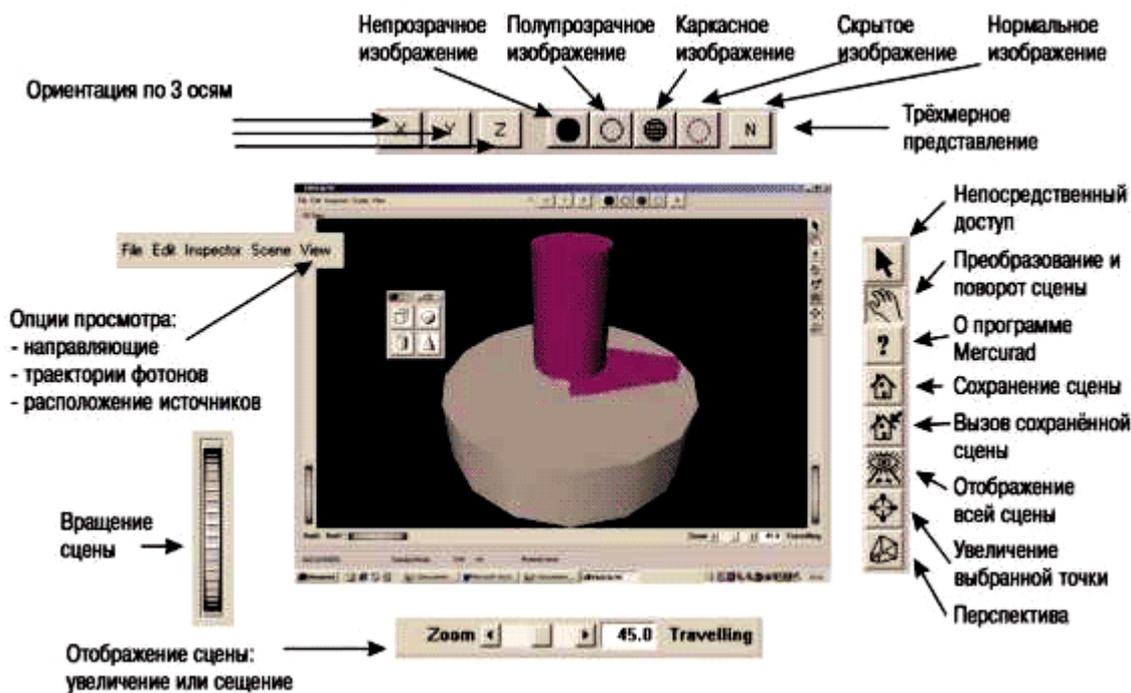


Табл.4. Пробег α -частиц в воздухе, алюминии и биологической ткани в зависимости от энергии частиц.

Энергия альфа-частиц, МэВ	Воздух, см	Алюминий, мкм	Биологическая ткань, мкм
4,0	2,5	16	31
4,5	3,0	20	37
5,0	3,5	23	43
5,5	4,0	26	49
6,0	4,6	30	56
6,5	5,2	34	64
7,0	5,9	38	72
7,5	6,6	43	81
8,0	7,4	48	91
8,5	8,1	53	100
9,0	8,9	58	110
9,5	9,8	64	120
10,0	10,6	69	130

В любом другом веществе пробег с точностью \pm можно оценить по формуле:

$$R_x = 3 * 10^{-4} \frac{R_g}{\rho_x} \sqrt{A_x} \approx \frac{10^{-4}}{\rho_x} \sqrt{A_x E^3} \text{ см,}$$

где A_x – атомный вес; ρ_x – плотность.

В Табл. приведены пробег α -частиц в некоторых веществах.

Из приведенных данных по пробегу α -частиц видно, что слой биологической ткани 100 мкм полностью поглощает α -частицы с энергиями до 8 МэВ. Поэтому при внешнем облучении организма α -частицами радиоактивных изотопов требуются лишь тонкие защитные экраны, которые оказываются достаточными для защиты организма от воздействия α -частиц при внешнем облучении. Однако при работе с α -источниками необходимо принимать меры, исключающие возможность попадания α -излучателей на кожу человека или внутрь организма.

Дозу от α -излучателя, попавшего, например, на кожу руки (что вполне возможно, если экспериментатор имеет привычку работать без перчаток и не любит мыть руки) можно рассчитать по формуле:

$$D = \frac{0,5 * A * E_\alpha * t * \rho}{R_\alpha}$$

(при попадании α -излучателя внутрь организма, множитель 0,5 следует заменить на 1).