

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي
خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ
وَالَّذِي جَعَلَ الْمَوْتَ
وَالْحَيَاةَ

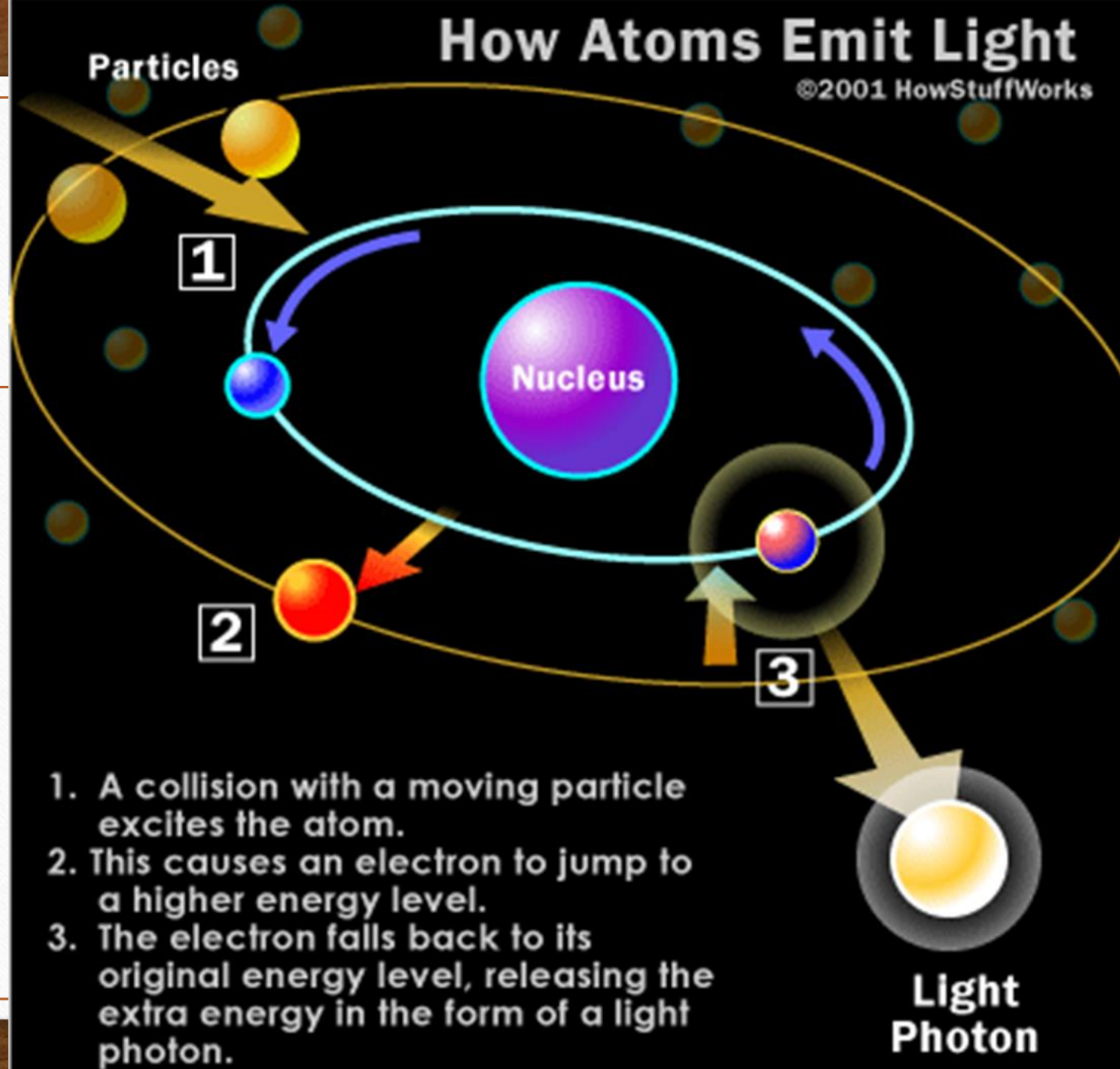


پرتوهای یونساز

روح اله حاجی زاده

How Atoms Emit Light

©2001 HowStuffWorks



1. A collision with a moving particle excites the atom.
2. This causes an electron to jump to a higher energy level.
3. The electron falls back to its original energy level, releasing the extra energy in the form of a light photon.

**Light
Photon**

انواع انرژی

- ۱: انرژی الکترون
- ۲: انرژی همبستگی

انواع هسته

- ۱: پایدار
- ۲: ناپایدار

انواع تشعشع

- ۱: ذره ای
- ۲: الکترومغناطیس

مواد رادیواکتیو

- ۱: طبیعی: مواد رادیواکتیوی که در طبیعت وجود دارند
- ۲: مواد مصنوعی

مواد راديو اکتيو طبيعى

- ۱: راديو المان سبک
- ۲: راديو المان سنگين (توريم، اکتينيوم، اورانيوم و نپتنيوم)

پرتوهای یونساز

- بیش از یکصد سال از استفاده بشر از مواد و پرتوهای یونساز می گذرد.
- با وجود اینکه کاربرد پرتوهای یونساز در امور مختلف بسیار مفید و بعضاً منحصر بفرد است ، لیکن عدم رعایت نکات ایمنی خطرات جدی برای کارکنان، مردم، محیط زیست و حتی نسل های آینده به همراه داشته باشد.

تعاریف: یونش و برانگیزش

تعريف: پتانسيل يونش

تعاریف: میانگین افت انرژی

- عبارت است از مقدار انرژی لازم جهت تولید یک جفت یون که آن را به W نشان می‌دهند.

آهنگ خطی افت انرژی

- کمیت آهنگ خطی افت انرژی در مطالعات و بررسی‌های اثرات بیولوژیکی پرتوها به کار گرفته می‌شود. و یکی از پارامترهای مهم در طراحی آشکارسازهای فیزیک بهداشت می‌باشد. ذرات باردار پس از ورود به یک محیط با تعداد زیادی (میلیون‌ها) از الکترون‌ها برخورد می‌کنند. محاسبه افت انرژی ناشی از یونش و برانگیزش برای تک تک برخوردها غیرممکن است. بنابراین به جای آن، میانگین افت انرژی را در واحد فاصله طی شده توسط ذره محاسبه می‌کنند. و معمولاً بر حسب میلیون الکترون ولت بر سانتی متر بیان می‌شود.

ضخامت جرمی (ضخامت چگالشی)

- عبارت است از حاصل ضرب ضخامت در جرم حجمی ماده و یکی از یکاهای آن g/cm^2 می باشد

انتقال انرژی خطی (Liner Energy Transfer)

- وقتی ذرات با پرتو های یونساز از ماده عبور می نمایند در مسیر عبوری خود یونسازی می کنند . تعداد یونسازی در واحد طول مسیر که آن را یونسازی ویژه می نامند بستگی زیادی به نوع پرتو ، بار و انرژی آن دارد.

توان توقف جرمی

- چنانچه آهنگ خطی افت انرژی را بر چگالی محیط جاذب (ρ) تقسیم کنیم کمیتی به دست می آید که آن را توان توقف جرمی (S) می نامند

$$S = \frac{dE / dx}{\rho}; \quad [S] = \text{MeV} / \text{g} / \text{cm}^{-2}$$

توان نسبی توقف جرمی

- چنانچه توان توقف جرمی محیط جاذب (S_m) را نسبت به توان توقف جرمی هوا (S_a) بسنجیم، در این صورت کمیتی به دست می‌آید که به آن توان نسبی توقف جرمی (ρ_m) گویند.

نیمه عمر

- نیمه عمر فیزیکی
- نیمه عمر بیولوژیکی
- نیمه عمر موثر

$$\frac{1}{T_E} = \frac{1}{T_P} + \frac{1}{T_B}$$

Half-Life

$$\frac{A}{A_0} = \frac{1}{2^n}, \quad (4.17)$$

where A_0 is the original quantity of activity and A is the activity left after n half-lives.

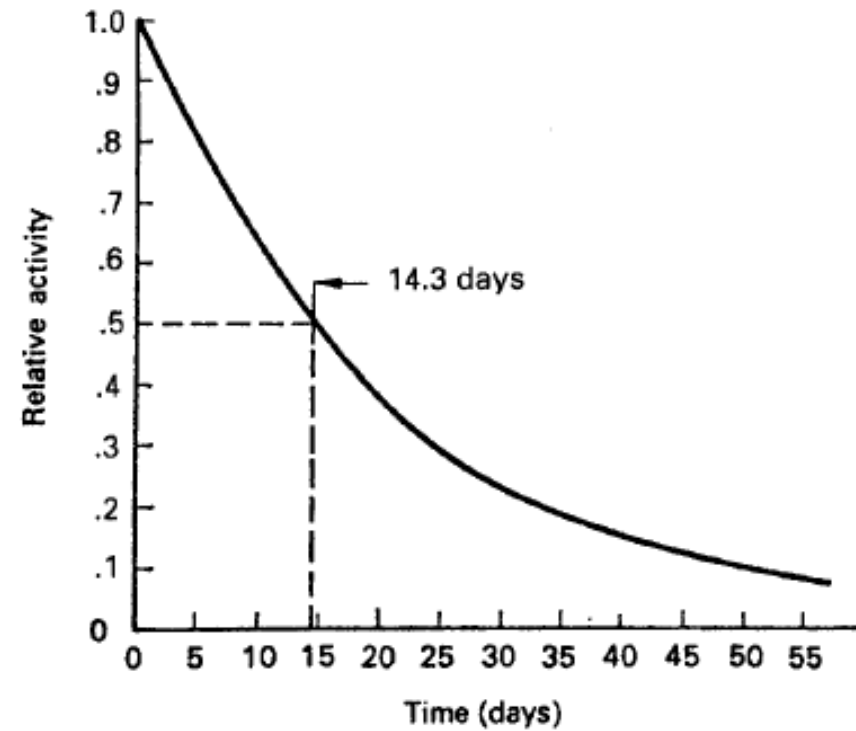


Figure 4-10. Decrease of ^{32}P activity.

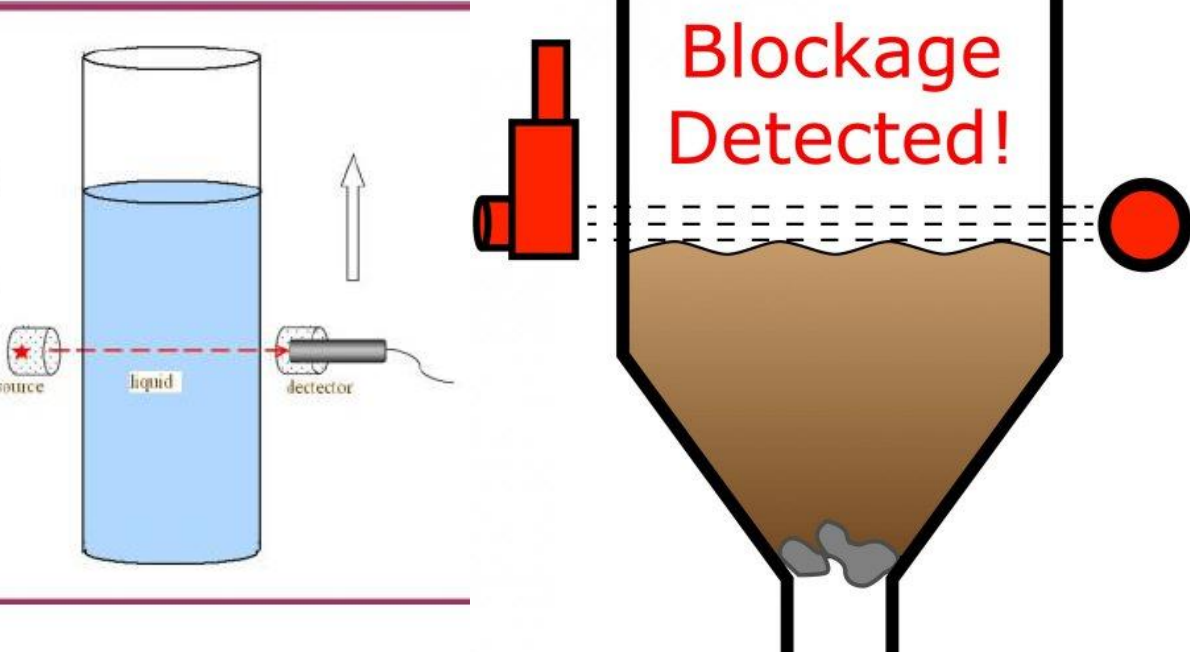
عوامل مؤثر در برد ذره

برخورد تشعشعات ذره ای

	یونیزاسیون	نفوذ و برد
جرم	+	-
سرعت	-	+
بار الکتریکی	+	-
چگالی	+	-

کاربرد پرتوهای یونساز

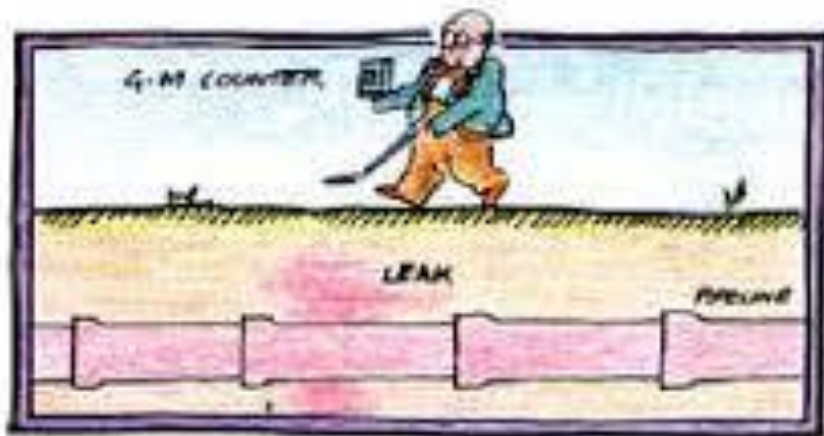
- تامین انرژی
- صنایع
- کشاورزی
- پزشکی



کاربرد پرتوهای یونساز در صنعت

Leaking Pipes

Radioactivity is used in industry to detect leaks in pipes.



- پرتونگاری
- رادیوگرافی
- فلوروسکوپی
- تشخیص گرفتگی در لوله انتقال سیالات
- تعیین میزان سائیدگی
- گاما گرافی
- اندازه گیری و کنترل ارتفاع مایعات در مخازن
- تعیین ضخامت اجسام
- اندازه گیری میزان رطوبت و دانسیته
- آشکارسازهای دود و حریق

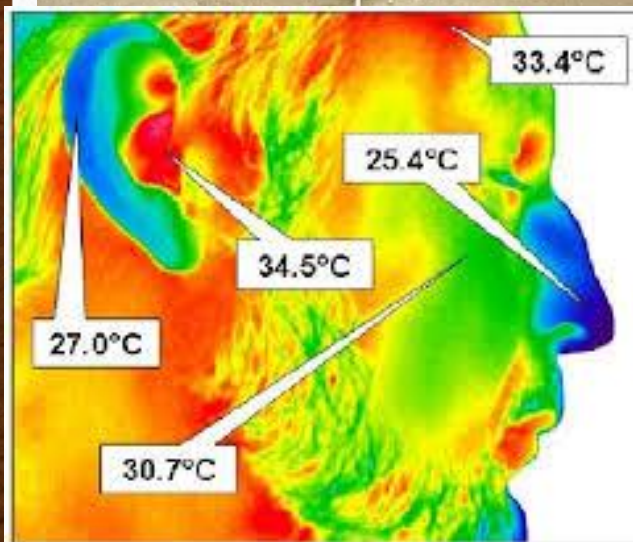
کاربرد پرتوهای یونساز در کشاورزی

- پرورش بعضی از محصولات کشاورزی
- تغییر جزئی مواد غذایی
- اصلاح نژاد در گیاهان

کاربرد منابع پرتوزا در پزشکی



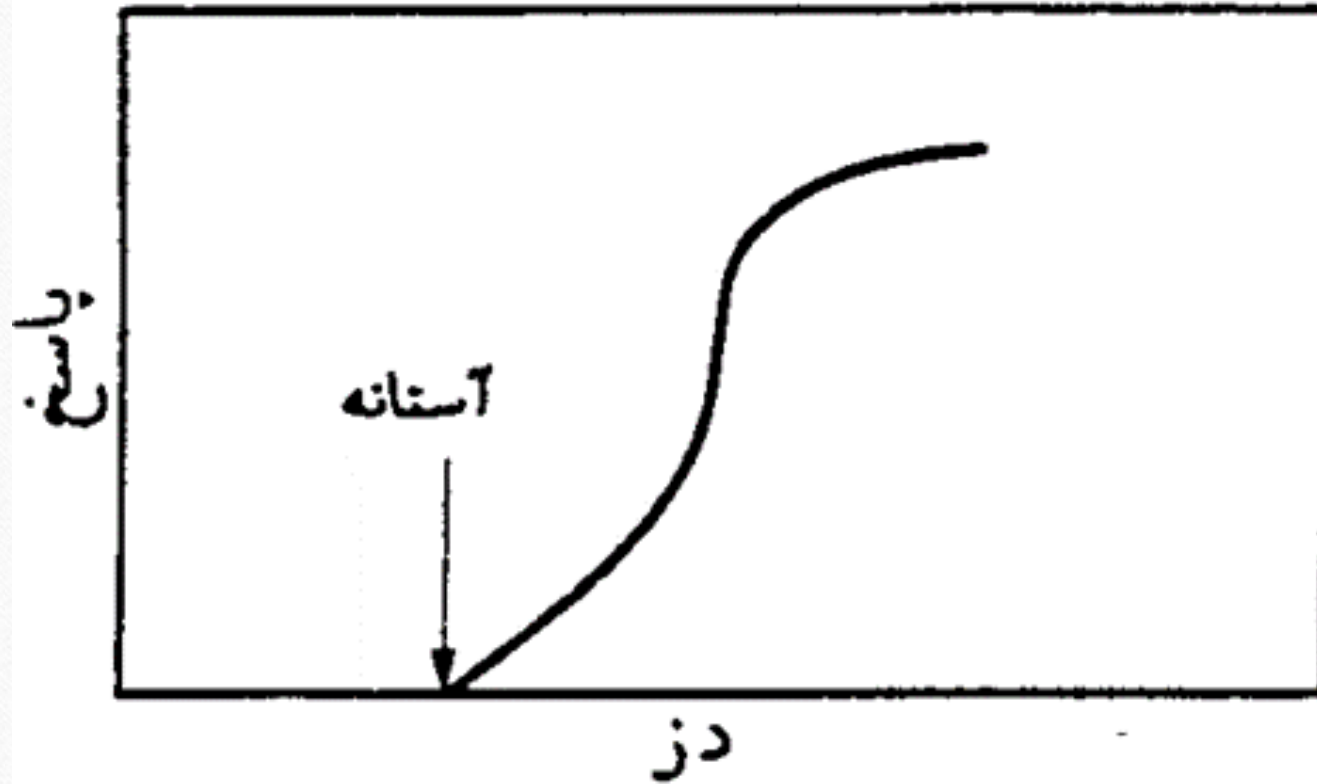
- دستگاه های پرتو تشخیصی
- ترموگرافی
- ماموگرافی
- فلوروسکوپی



اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونساز

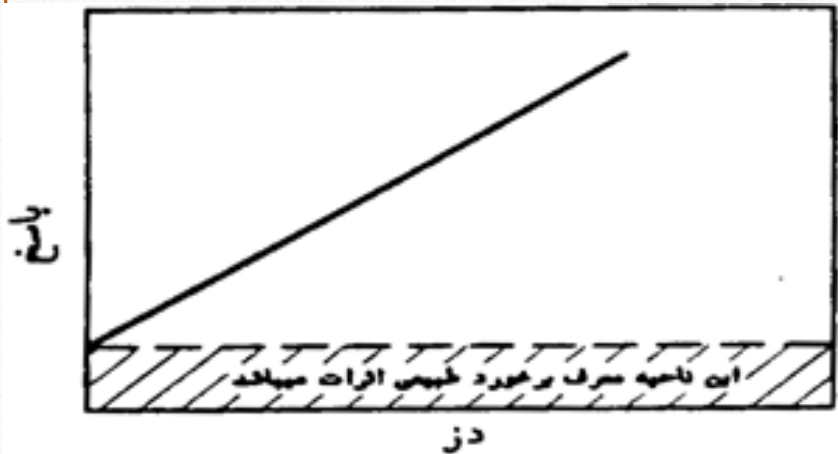
- تفکرات در مورد اثرات
- انواع اثرات:
- اثرات قطعی
- اثرات احتمالی

اثرات قطعی



اثرات احتمالی

- اثراتی هستند که برای بروز آنها معمولاً آستانه دز وجود ندارد، نظیر سرطان‌های مختلف و عوارض سوء روی نسل‌های آینده. این اثرات همان‌گونه که از نامشان پیداست به صورت تصادفی پدیدار می‌گردند و حتی ممکن است در شخصی که در معرض تابش پرتوها قرار نگرفته مشاهده گردد.



ویژگی‌های اثرات احتمالی

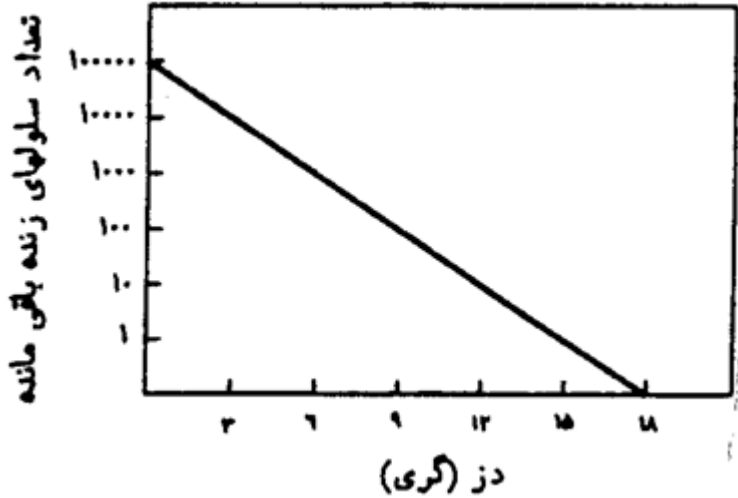
- الف- آستانه دز برای بروز این اثرات وجود ندارد.
- ب- احتمال بروز این اثرات با افزایش دز زیاد می‌گردد.
- ج- تندی دز ارتباطی به بروز اثرات احتمالی ندارد.

تئوری حساسیت سلولی

- با قدرت تولیدی و تکثیر نسبت مستقیم دارد
- با میزان متابولیسم نسبت مستقیم دارد.
- فعالیت تقسیم سلول و زمان تقسیم نسبت مستقیم دارد

اثرات مستقیم پرتو بر سلول

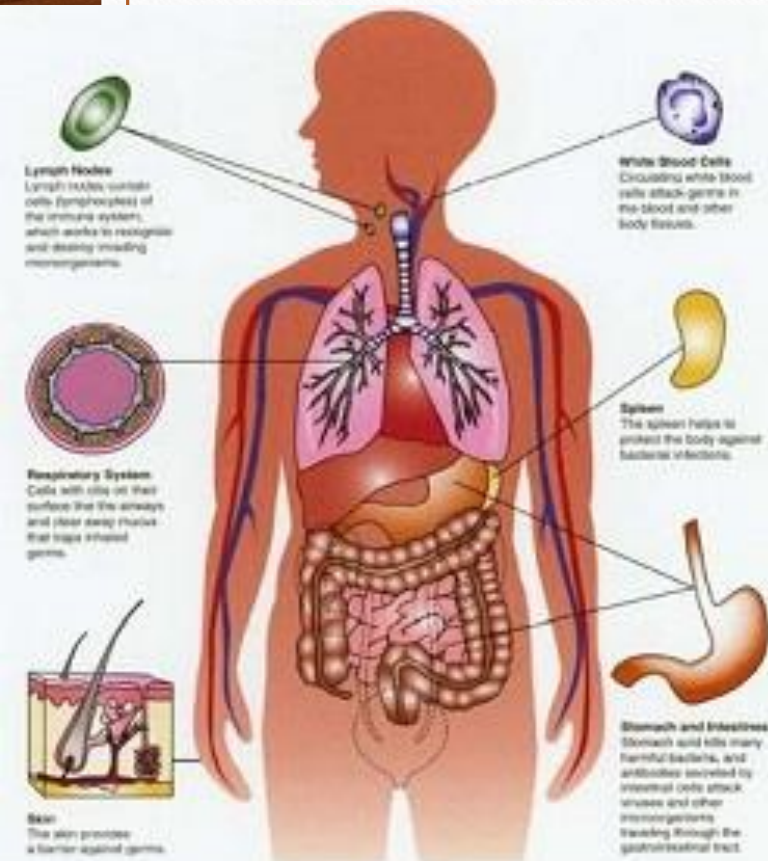
- الف - ایجاد وقفه در تقسیم سلول.
- ب- موتاسیون ژنی
- ج- شکست کروموزومی یا تغییر ترکیب و ساختمان کروموزوم‌های آسیب‌دیده که منجر به تولید سلول‌های دختر غیر طبیعی بعد از میتوز می‌گردد.
- د: مرگ سلولی



حساسیت بافت های بدن

حساسیت پرتویی	اندام
بسیار	مغز استخوان، غدد لنفاوی، لنفوسیت های خون گلبول های سفید، آلوئول های ریوی توبول های کلیوی سلول های مجاری صفراوی
متوسط	پوشش داخلی عروق
اندک	بافت های عضلانی بافت های استخوانی بافت های عصبی

اثرات پرتوها بر روی اندام های مختلف



- سیستم گوارشی
- خون و مغز استخوان
- سیستم لنفاوی
- ارگان های تولید مثلی
- تیروئید
- ریه ها
- چشم
- کبد و کیسه صفرا
- کلیه ها
- پوست و مو

The human body has several lines of defense against infections, which work to prevent germs from invading the body or to destroy them once they find their way in.

a carcinogen (ionizing radiation in this case) and is dependent on several factors, including age, sex, and dose history. It is defined by

$$\text{ERR} = \frac{\text{Cancer incidence in exposed population}}{\text{Cancer incidence in unexposed population}} - 1. \quad (7.7)$$

Another metric used to estimate radiation risk to a population from a given radiation dose is the excess absolute risk (EAR). The EAR is a measure of the postulated

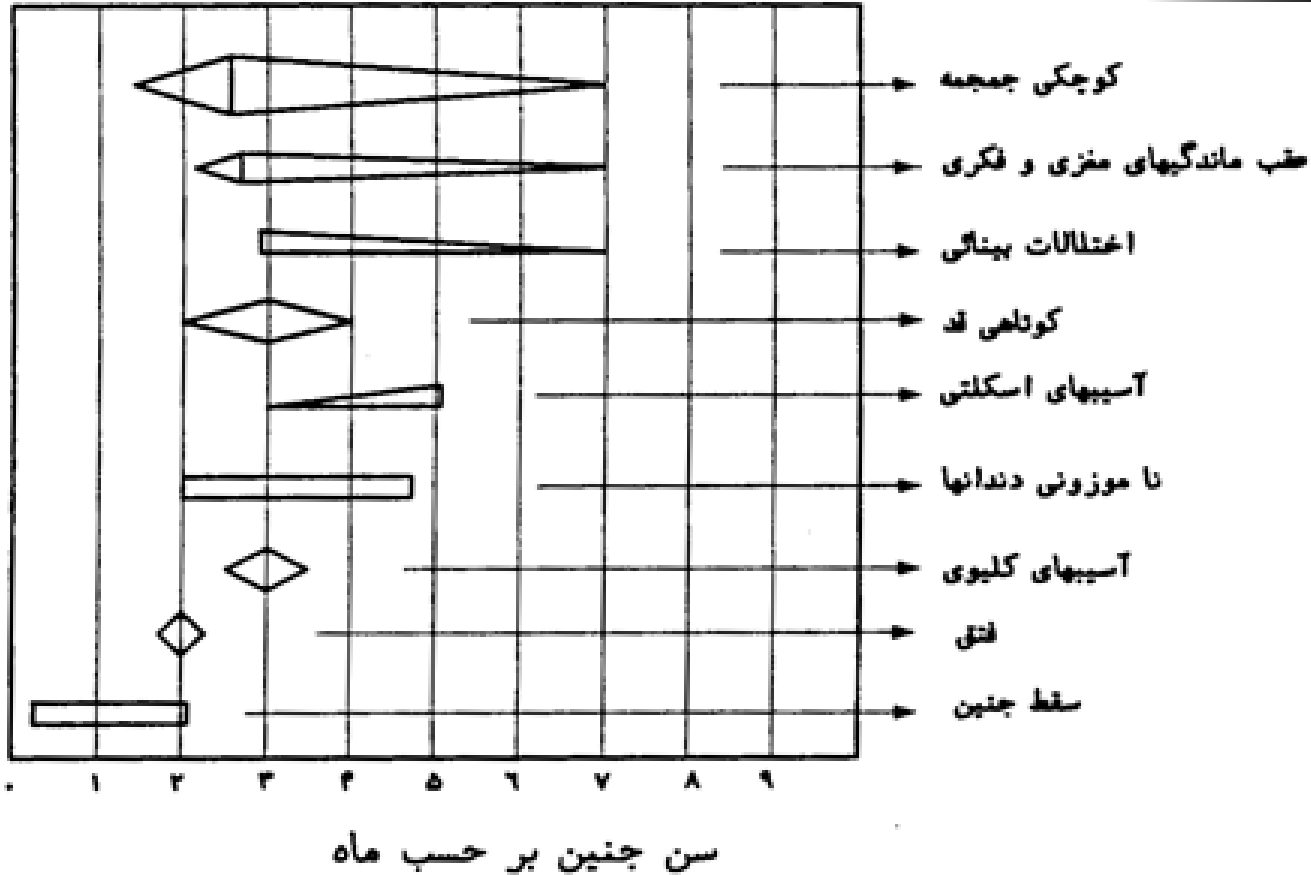
TABLE 7-9. Cancer Incidence Among 86,572 Atomic-Bomb Survivors with Known Radiation Dose

CANCER SITE	NUMBER OF CASES	EXCESS RELATIVE RISK (per Sv ^a)	
		Male	Female
Stomach	3602	0.21 (0.11–0.40) ^a	0.48 (0.31–0.73)
Colon	1165	0.63 (0.37–1.1)	0.43 (0.19–0.96)
Liver	1146	0.32 (0.16–0.64)	0.32 (0.10–1.0)
Lung	1136	0.32 (0.15–0.70)	1.40 (0.94–2.11)
Breast	952	—	0.51 (0.28–0.83)
Prostate	281	0.12 (0–0.69)	—
Uterus	875	—	0.055 (0–0.22)
Ovary	190	—	0.38 (0.10–1.4)
Bladder	352	0.50 (0.18–1.4)	1.65 (0.69–4.0)
Other solid cancers	2969	0.27 (0.15–0.50)	0.45 (0.27–0.75)
Thyroid	243	0.53 (0.14–2.0)	1.05 (0.28–3.9)
Leukemia (Except CLL)	296	1.1 (0.1–2.6)	1.2 (0.1–2.9)

^aERR per Sv for exposure at age 30+ and attained age 60. The numbers in the parentheses are the 95% confidence intervals for the ERRs.

اثر روی جنین

حالت های غیر عادی جنینی



اقدامات لازم برای افرادی که پرتوگیری بالا دارند:

- الف - استراحت مطلق
- ب - جبران کمبود آب بدن از طریق تزریق سرم‌های مختلف
- ج - در صورت آلودگی داخلی رفع آلودگی، موضعی و تجویز مواد

جدول ۷- مقادیر توصیه شده برای مواجهه با پرتوهای یونساز

مقدار توصیه شده	نوع پرتوگیری
	دوز مؤثر
۵۰ میلی سیورت	الف- در هر سال (فقط در طی یک سال)
۲۰ میلی سیورت در سال	ب- میانگین دوره ۵ ساله
	دوز معادل سالانه برای:
۱۵۰ میلی سیورت	الف: عدسی چشم
۵۰۰ میلی سیورت	ب: پوست دست‌ها و پاها
۱۰ میلی سیورت × سن (برحسب سال)	دوز مؤثر تجمعی:
	پرتوگیری جنین وقتی حاملگی مشخص شده باشد:
۰/۵ میلی سیورت	دوز معادل ماهانه ^۱
۲ میلی سیورت	دوز سطحی (ناحیه تحتانی شکم بانوان)
$\frac{1}{20}$ حد سالانه پرتوگیری داخلی (ALI) ^۲	پرتوگیری داخلی
۴ ماه کاری (WLM) ^۴	دختران رادون ^۳

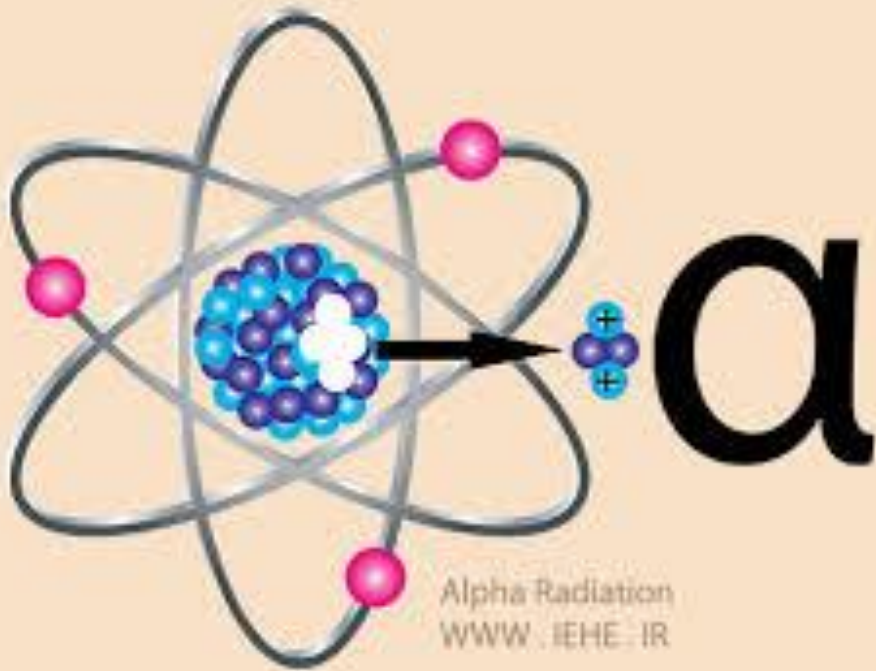
۱- مجموع پرتوگیری داخلی و خارجی به استثناء مقادیر ناشی از منابع طبیعی بر اساس توصیه های NCRP

۲- Annual Limit on Intake

۳- Radon Doughters

۴- Working Level Monts

پرتو آلفا



برخورد ذره آلفا با ماده

- یونش ویژه تعداد یونهایی است که در هر سانتیمتر از طول مسیر پرتو تولید می شود.

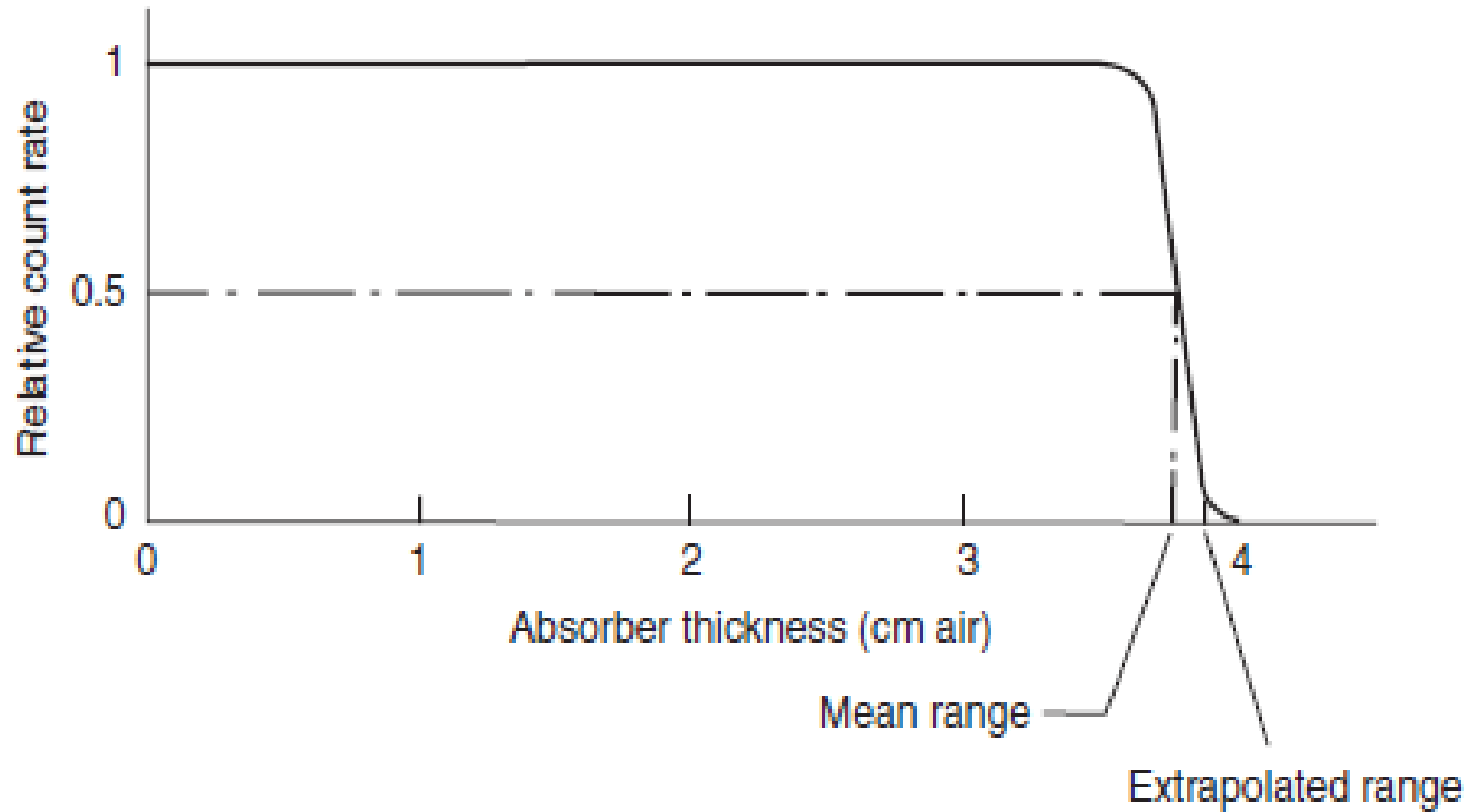


Figure 5-10. Alpha-particle absorption curve.

برد آفا

- برد برونیاپی شده
- دقت اندازه گیری برد متوسط

ارتباط برد پرونیابی (برد موثر) و برد متوسط

$$R_e = 1.1 \times \bar{R}$$

عوامل تاثیر گذار بر برد آلفا

- ۱: عدد اتمی
- ۲: انرژی ذره

Air is the most commonly used absorbing medium for specifying range–energy relationships of alpha particles. The range (in cm) of air, R_a , at 0°C and 760 mm Hg pressure of alphas whose energy E is between 2 MeV and 8 MeV is closely approximated (within 10%) by the following empirically determined equation:

$$R_a = 0.322E^{3/2}. \quad (5.20)$$

The range of alpha particles in any other medium whose atomic mass number is A and whose density is ρ may be computed from the following relationship:

$$R_a \times \rho_a \times (A_m)^{0.5} = R_m \times \rho_m \times (A_a)^{0.5}, \quad (5.21)$$

where

R_a and R_m = range in air and tissue (cm),

A_a and A_m = atomic mass number of air and the medium, and

ρ_a and ρ_m = density of air and the medium (g/cm^3).

روش دوم محاسبه برد آلفا

$$R = 0.56E \quad E < 4\text{Mev}$$

$$R = 1.24E - 2.62 \quad 4 < E < 8$$

$$R_m = 0.56R_a A^{1/3}$$

E: انرژی ذرات آلفا (Mev)

E: انرژی ذرات آلفا (Mev)

R: برد ذره آلفا در هوا (mg/cm²)

R_a برد ذره آلفا در هوا (mg/cm²)

حفاظ گذاری پرتو آلفا

پرتو بتا

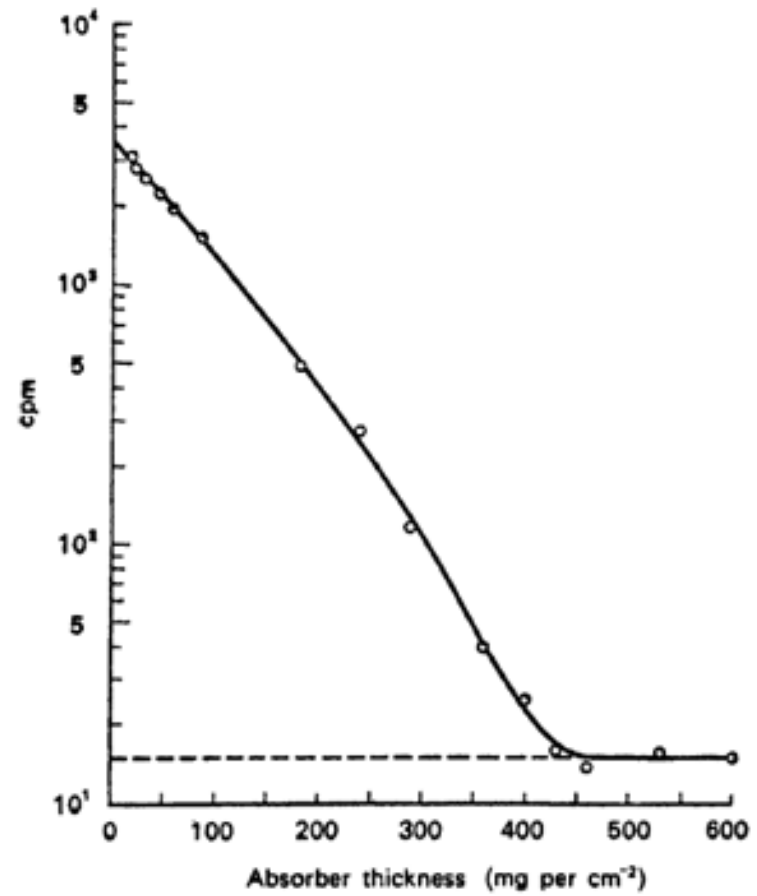


Figure 5-2. Absorption curve (aluminum absorbers) of ^{210}Bi beta particles, 1.17 MeV. The broken line represents the mean background count rate.

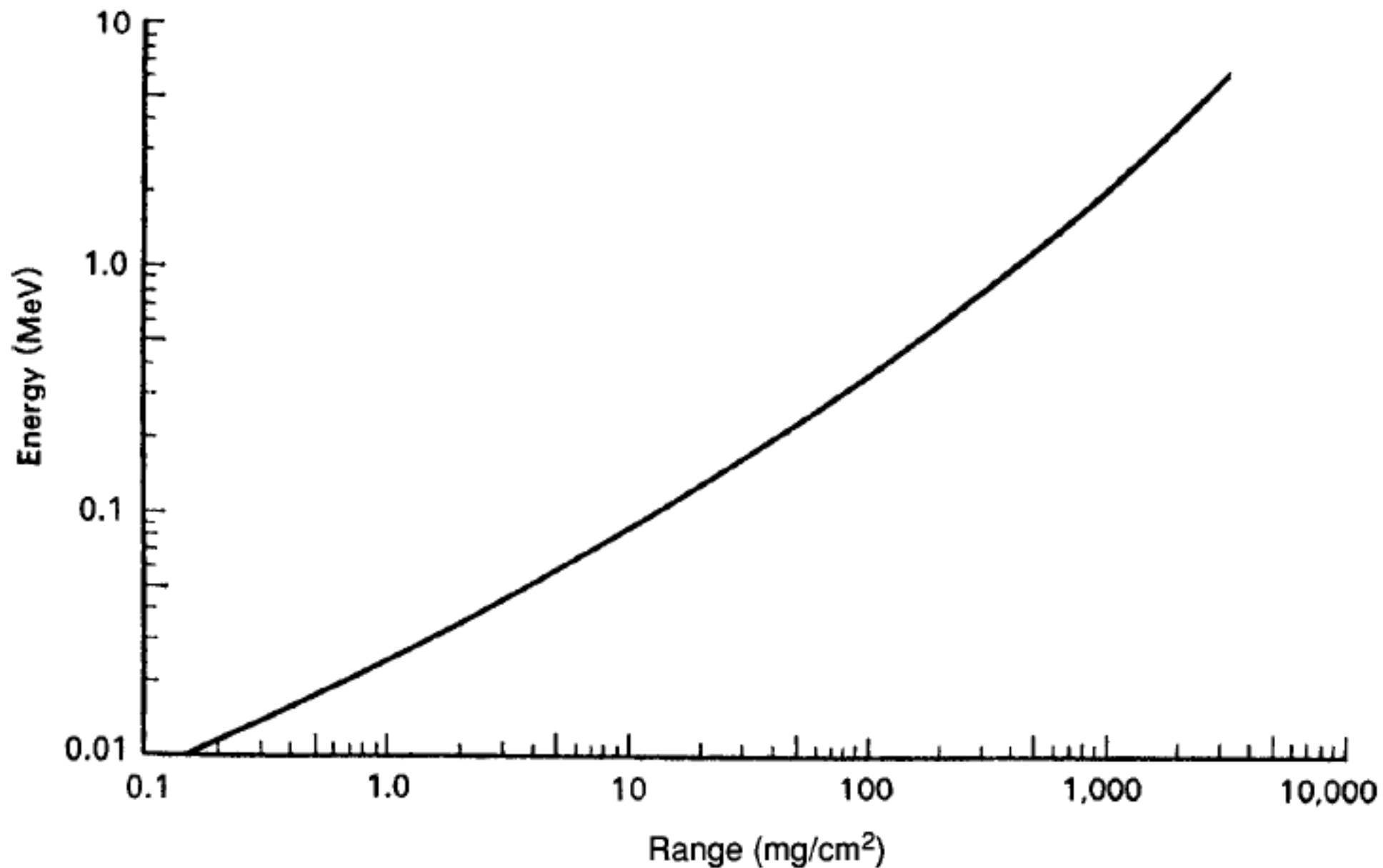


Figure 5-4. Range-energy curve for beta particles and for monoenergetic electrons. (Adapted from *Radiological Health Handbook*. Washington, DC: Office of Technical Services; 1960.)

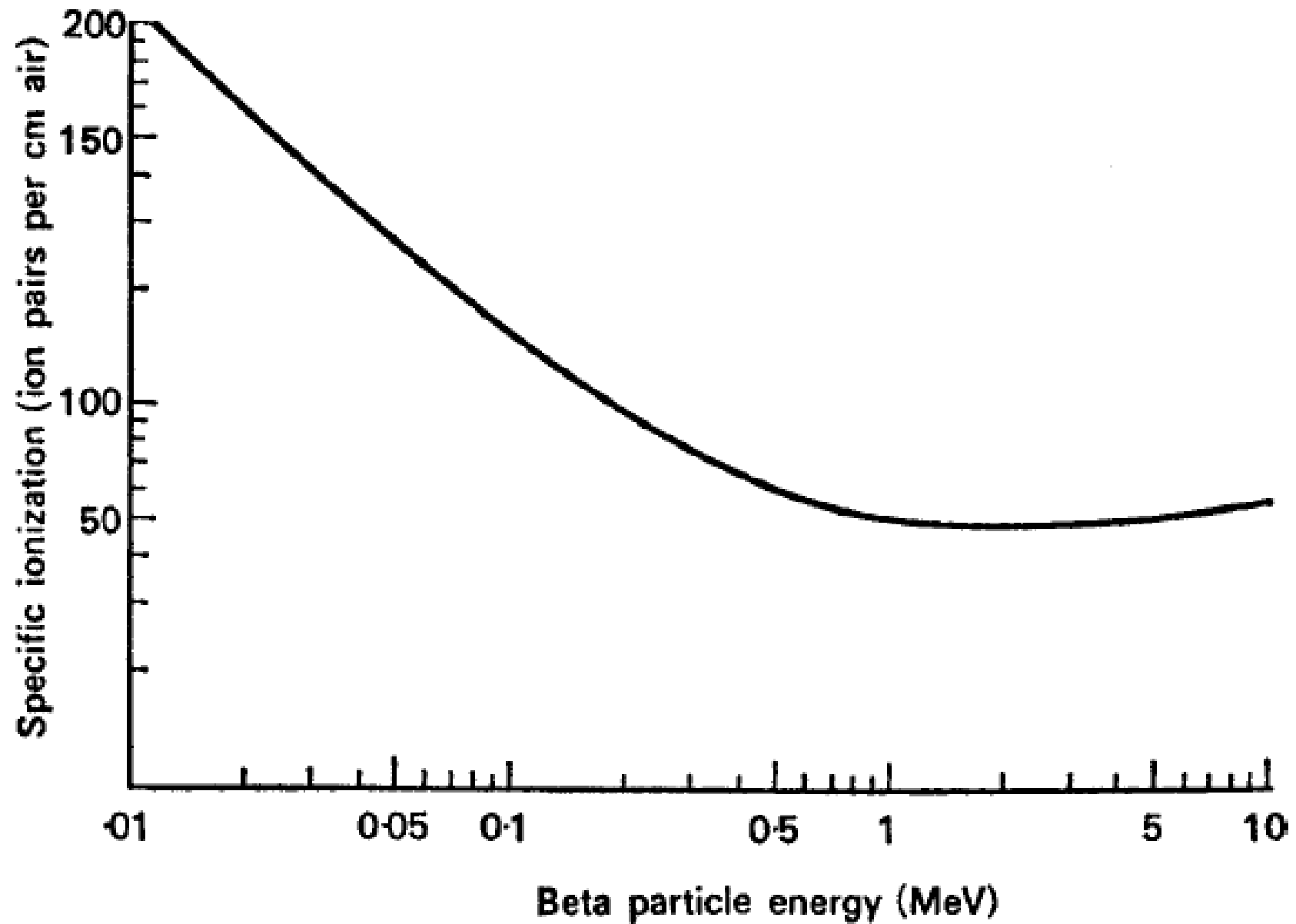


Figure 5-7. Relationship between particle energy and specific ionization of air.

روش تعیین کارایی حفاظ پرتو بتا

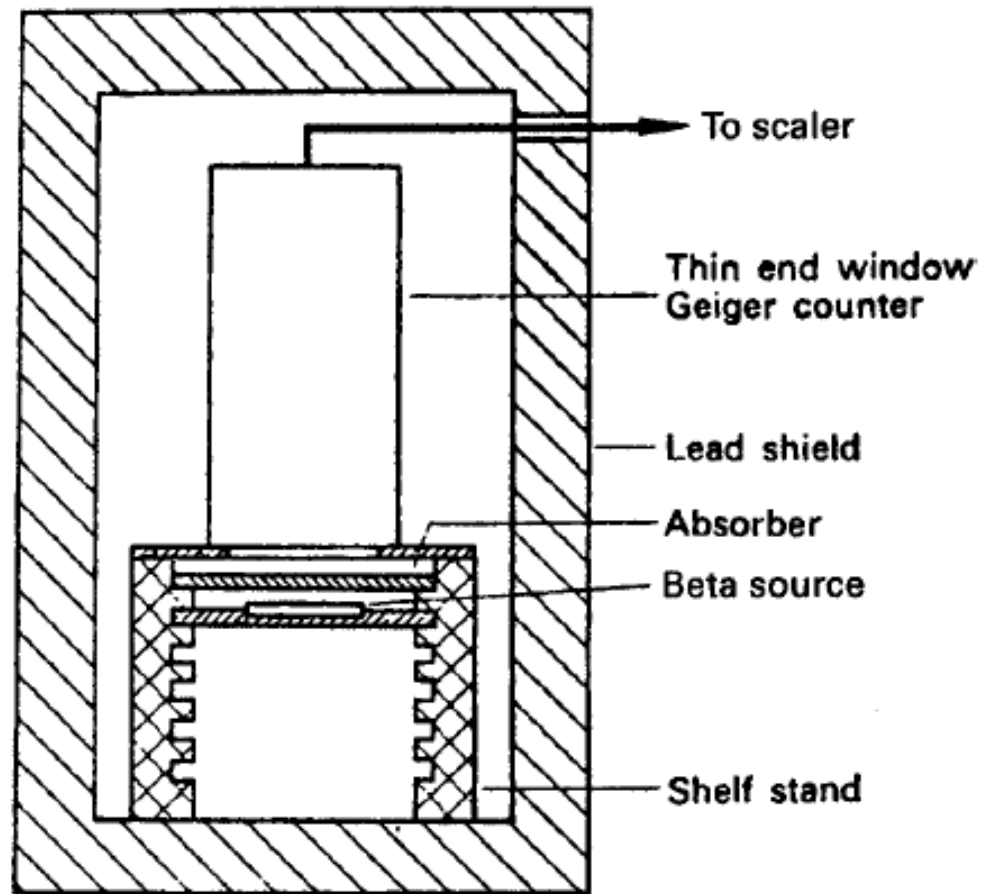


Figure 5-1. Experimental arrangement for absorption measurements on beta particles.

تعیین ضخامت

$$E = 1.92R^{0.725} \quad R \leq 0.3 \text{ g/cm}^2 \quad (5.2)$$

$$R = 0.407E^{1.38} \quad E \leq 0.8 \text{ MeV} \quad (5.3)$$

$$E = 1.85R + 0.245 \quad R \geq 0.3 \text{ g/cm}^2 \quad (5.4)$$

$$R = 0.542E - 0.133 \quad E \geq 0.8 \text{ MeV} \quad (5.5)$$

where

R = range, g/cm^2 and

E = maximum beta energy, MeV.

$$R (\text{mg/cm}^2) = \rho (\text{mg/cm}^3) \times d (\text{cm})$$

برد پرتو بتا (روش دوم)

$$R = 412E^{(1.265-0.0954LnE)}$$

$$0.01 \leq E \leq 2.5 \text{ MeV}$$

$$R = 530E - 160$$

$$E > 2.5 \text{ MeV}$$

R: برد ذرات بتا (mg/cm²)

$$R(\text{mg/cm}^2) = \rho(\text{mg/cm}^3) \times d(\text{cm})$$

E: حداکثر انرژی ذره بتا (MeV)

برد ذره بتا در اجسام مختلف و ارتباط برد ذره با میزان انرژی

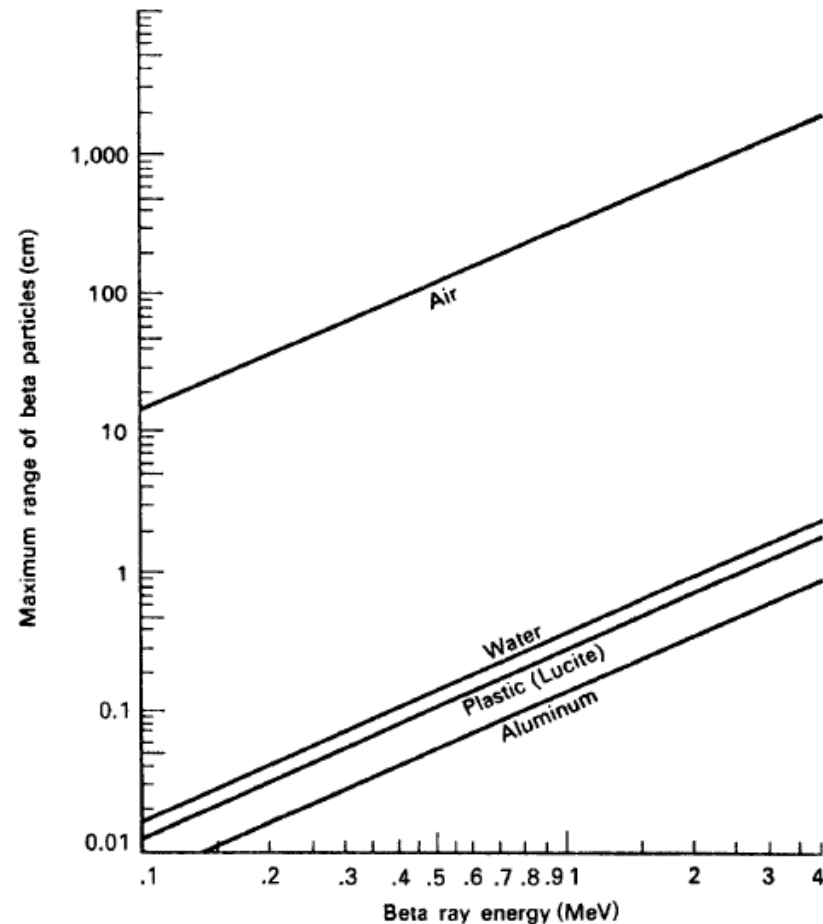


Figure 5-3. Range-energy curves for beta particles in various substances. (Adapted from *Radiological Health Handbook*. Washington, DC: Office of Technical Services; 1960.)

TABLE 5-1. Average Energy Lost by a Beta Particle in the Production of an Ion Pair

GAS	IONIZATION POTENTIAL (eV)	MEAN ENERGY EXPENDITURE PER ION PAIR (eV)
H ₂	13.6	36.6
He	24.5	41.5
N ₂	14.5	34.6
O ₂	13.6	30.8
Ne	21.5	36.2
A	15.7	26.2
Kr	14.0	24.3
Xe	12.1	21.9
Air		33.7
CO ₂	14.4	32.9
CH ₄	14.5	27.3
C ₂ H ₂	11.6	25.7
C ₂ H ₄	12.2	26.3
C ₂ H ₆	12.8	24.6

برخورد پرتو بتا با ماده

- الف - ایجاد اثر یونش و برانگیزش
- ب - ایجاد اثر ترمزی (برم اشتر لانگ)
- ج - ایجاد اثر چرینکوف
- د - ایجاد اثر پس پراکندگی

اثر یونش و برانگیزش

- در این اثر ذره بتا پس از برخورد با ماده با توجه به مقدار انرژی آن، موجب یونش و یا برانگیزش اتم-های ماده می‌گردد. مسیر حرکت بتا در ماده مستقیم نبوده بلکه به دلیل یکسان بودن جرمش با جرم الکترون‌های مداری به راحتی منحرف می‌شود و دارای مسیر پر پیچ و خم می‌باشد.

اثر ترمزی یا برماشتترلانگ

- به طور کلی هر ذره بارداری که با سرعت در حرکت می باشد چنانچه به طور ناگهانی شتاب بگیرد (تغییر سرعت دهد) در این صورت بخشی از انرژی را با انتشار پرتو الکترومغناطیس ایکس از دست می دهد. این تابش ایکس را تابش ترمزی می گویند.

$$f_{\beta} = 3.5 \times 10^{-4} Z E_m$$

f_{β} = the fraction of the incident beta energy converted into photons,

Z = atomic number of the absorber, and

E_m = maximum energy of the beta particle (MeV).

عدد اتمی موثر محیط جاذب

$$Z_{eff} = \frac{\sum_i \frac{W_i}{A_i} Z_i^2}{\sum_i \frac{W_i}{A_i} Z_i}$$

- A_i : عدد جرمی عنصر Z_i ،
- Z_i : عدد اتمی عنصر Z_i و
- w_i : درصد وزنی عنصر Z_i

شار فوتونهای تابشی ترمزی در فاصله r

$$\phi = \frac{fE_B}{4\pi r^2 E_{\max}}$$

ϕ : شار فوتون تابشی در فاصله r

$$E_B = \frac{1}{3} E_{\max} \times A$$

A : اکتیویته بر حسب بکرل

اثر چرینکوف

- چنانچه ذرات بتا با انرژی خیلی زیاد (بیش از سرعت نور) در محیطی حرکت کند، انرژی آنها در حد سرعت نور کاسته می شود. این کاهش انرژی به صورت اشعه الکترومغناطیس در ناحیه طیف آبی - سفید منتشر می گردد. که به آن اشعه چرینکوف گویند. تنها عامل موثر در ایجاد اشعه چرینکوف سرعت ذره می باشد. افت انرژی توسط اثر چرینکوف حدود یک هزارم افت انرژی توسط اثرات یونش و برانگیزش می باشد. اثر چرینکوف در آنالیز مواد و آشکارسازی کاربرد دارد.

اثر پس پراکندگی یا برگشتی

- پرتوهای بتا ممکن است پس از برخورد با محیط درست در راستای اولیه ولی در خلاف جهت پراکنده شوند این فرآیند را پراکندگی برگشتی (پس پراکندگی) گویند. این نوع پراکندگی به عدد اتمی و ضخامت محیط جاذب بستگی دارد. به گونه‌ای که با افزایش عدد اتمی احتمال پراکندگی افزایش می‌یابد و با ضخامت تا حدود یک پنجم برد افزایش و سپس ثابت می‌شود. وابستگی این اثر به انرژی بسیار ناچیز است فقط در انرژی‌های بالا کمی افزایش می‌یابد. اثر پراکندگی برگشتی در آنالیز مواد کاربرد دارد.

حفاظ گذاری در برابر پرتوهای بتا

- پرتوهای بتا در برخورد با عناصر سنگین تر، انرژی بیشتری از دست می دهند. ضمن آنکه هر قدر مواد تشکیل دهنده حفاظ سنگین تر باشد کسر بیشتری از انرژی ذرات بتا به فوتون های ایکس ترمزی تبدیل می شود. بنابراین در طراحی حفاظ در برابر پرتوهای بتا توجه به دو عامل زیر حائز اهمیت می باشد.
- - برد بیشینه پرتوهای بتا (مسافتی که پرتوهای بتا به طور مستقیم در ماده طی می کنند تا کاملاً متوقف شوند را برد بیشینه پرتو بتا می نامند).
- - تابش ترمزی ناشی از جذب بتا در خود چشمه و جذب در حفاظ

مناسب ترین حفاظ در برابر پرتوهای بتا

ضخامت های لازم بر حسب میلی متر برای انرژیهای مختلف بتا

انرژی ماکزیمم (میلیون الکترون ولت)				حفاظ
۳	۲	۱	۰,۵	
۷	۷	۴	۲	مواد با عدد اتمی پائین
۷	۴	۲	۱	شیشه
۷	۱۴	۷	۴	چوب

پرتو X و گاما

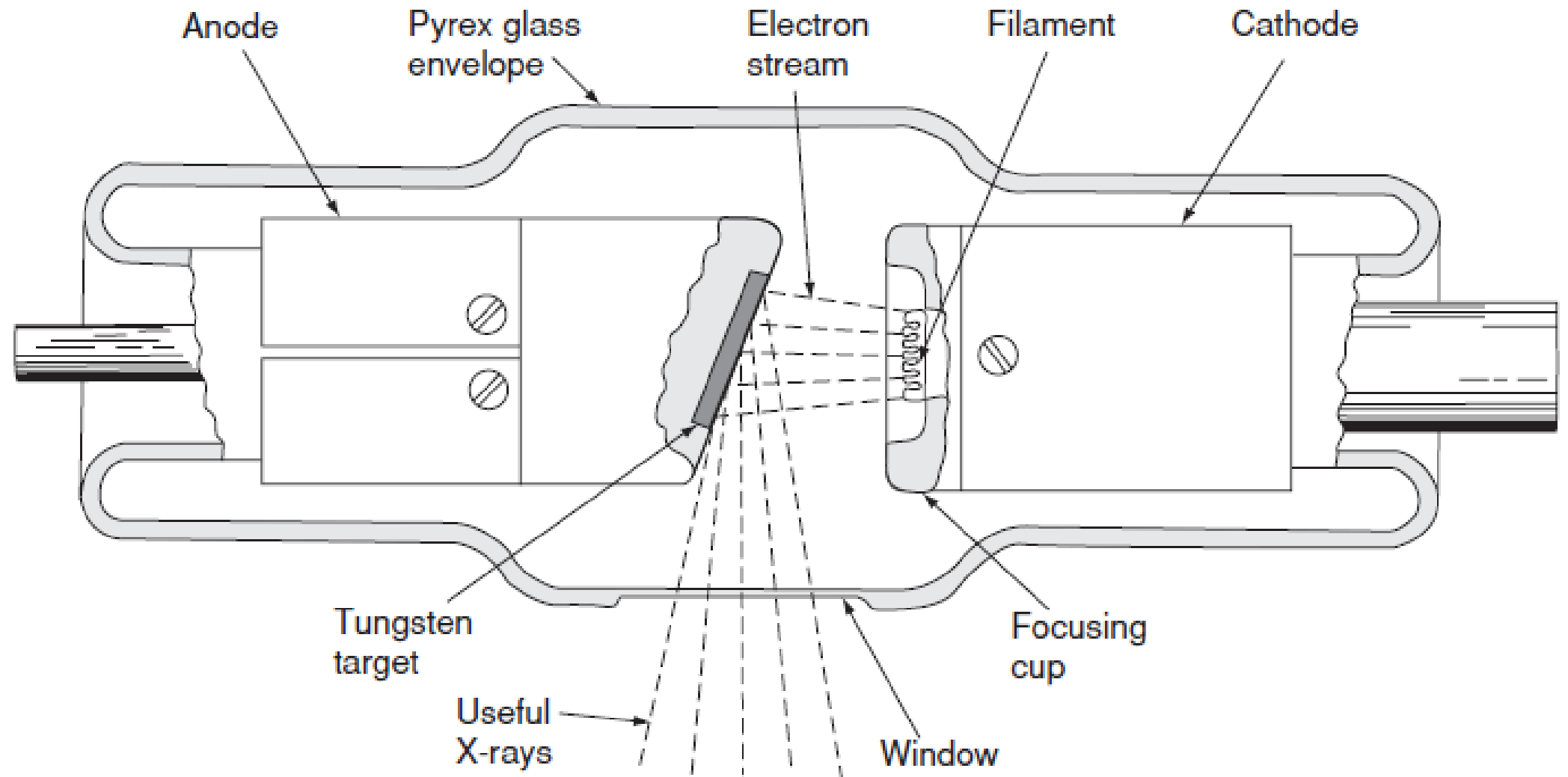
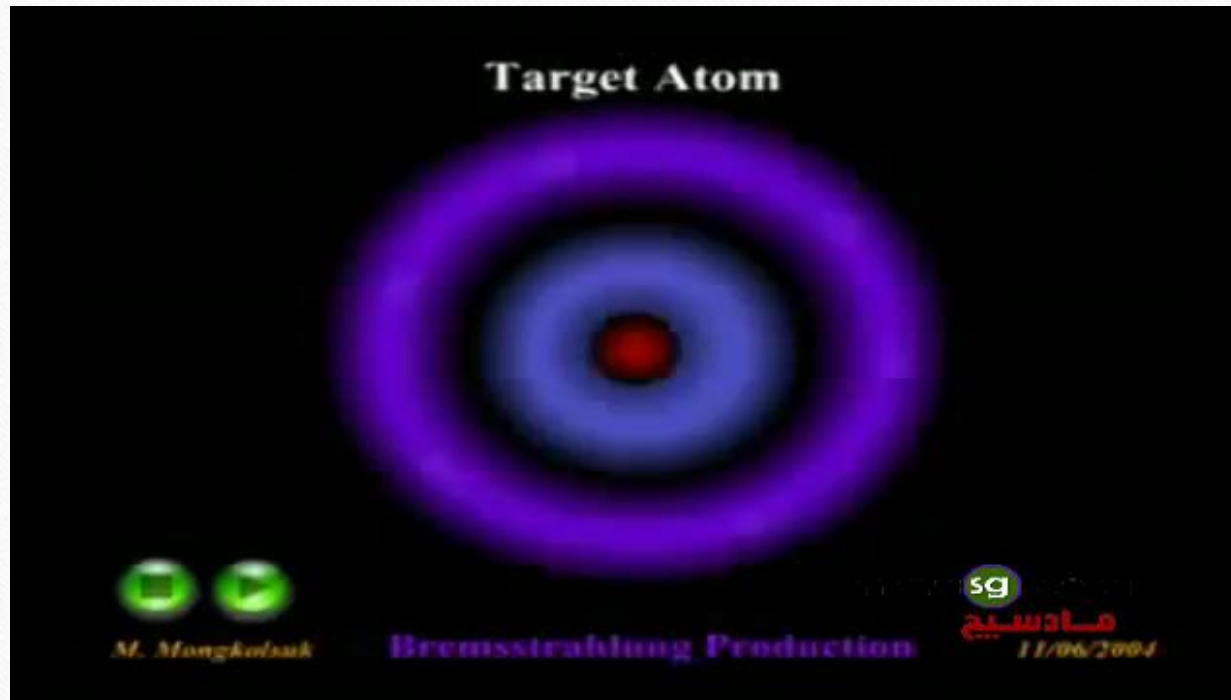


Figure 5-8. Coolidge type stationary target X-ray tube. A beam of useful X-rays is formed by the bremsstrahlung that passes through an open port in the shielding that encloses the X-ray tube. (Figure 3-2A, p. 34 from RADIATION BIOPHYSICS, 2nd ed, by Howard Lucius Andrews. Copyright © 1974 by Prentice-Hall, Inc. Reprinted by permission of Pearson Education, Inc.)

فلز

روش تولید اشعه X



علل استفاده از تنگستن به عنوان فیلمان، هدف و پایه آند

- - تنگستن دارای عدد اتمی نسبتاً بالا بوده و در نتیجه با توجه به پدیده ترمزی دارای بازده خوبی در تولید پرتو ایکس می باشد.
- - نقطه ذوب تنگستن در حدود 3370°C درجه سانتی گراد می باشد.
- - قابلیت جذب و انتقال گرمای تنگستن بسیار خوب است.
- - تنگستن را می توان در قطرهای بسیار نازک و بسیار محکم تولید نمود.
- - تنگستن به سادگی قابل تبخیر نمی باشد.

بازده تولید پرتو ایکس

شدت پرتو ایکس

$$I = Nhf$$

N: تعداد فوتون

f: فرکانس بر حسب ہرتز

h: ثابت پلانک برابر با 6.6×10^{-34}

X-ray machines have three principal uses

- Diagnostic
- therapeutic
- and nonmedical radiographic devices.

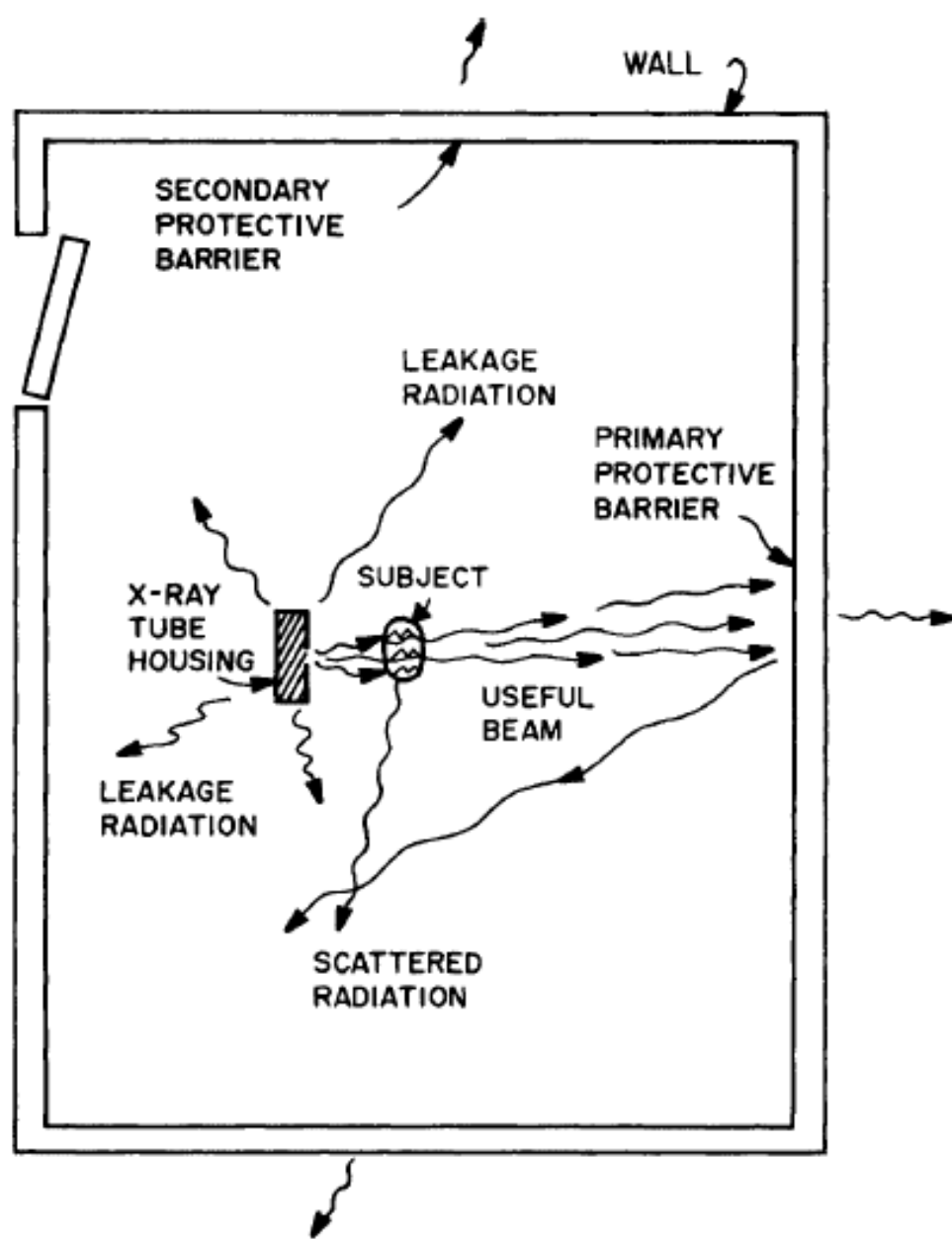


Fig. 15.8 Schematic plan view of X-ray room showing the different radiation components considered in the design of structural shielding to provide primary and secondary protective barriers.

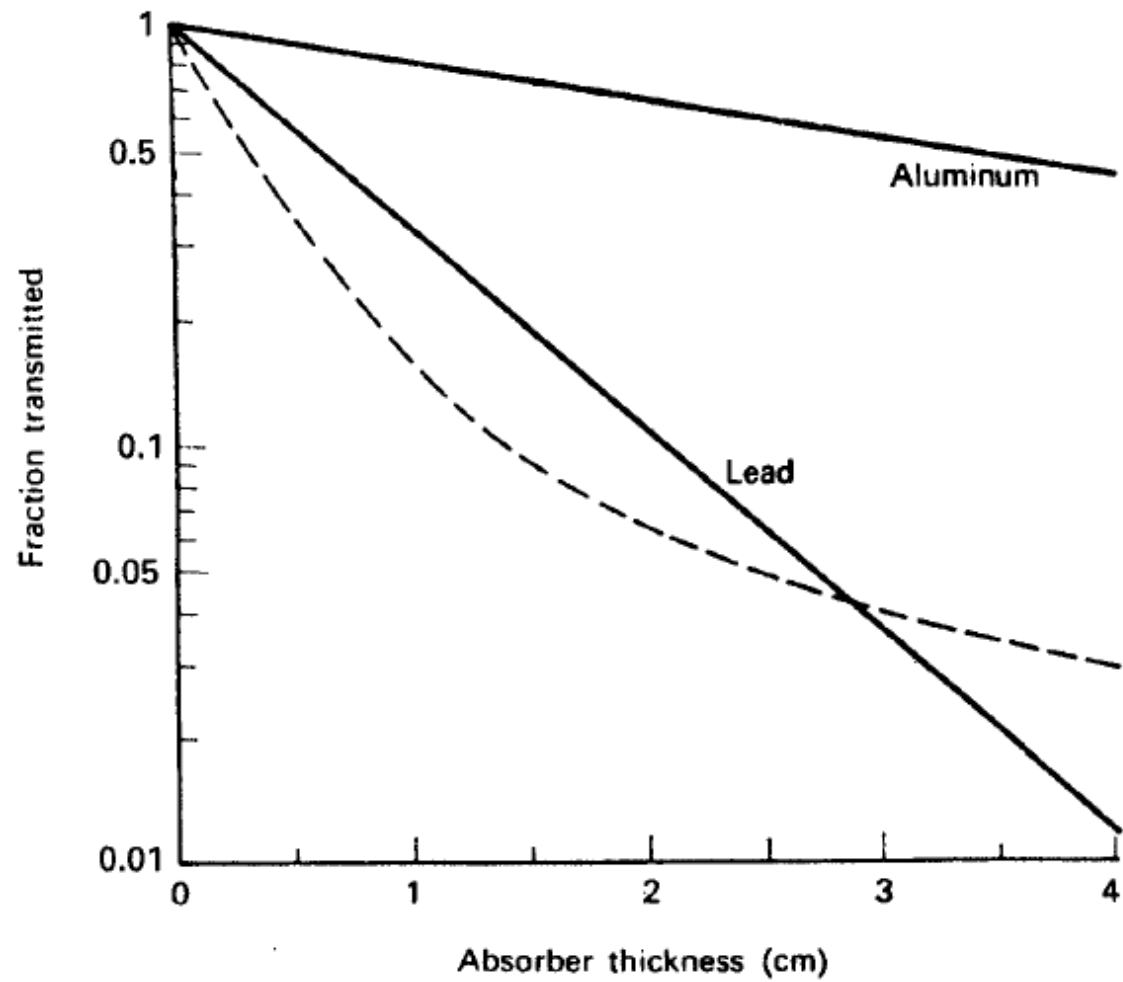


Figure 5-13. Attenuation of gamma rays under conditions of good geometry. The solid lines are the attenuation curves for 0.662-MeV (monoenergetic) gamma rays. The dotted line is the attenuation curve for a heterochromatic beam.

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\mu t. \quad (5.26b)$$

Taking the inverse logs of both sides of Eq. (5.26b), we have,

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\mu t}, \quad (5.27)$$

where

I_0 = gamma-ray intensity at zero absorber thickness,
 t = absorber thickness,

I = gamma-ray intensity transmitted through an absorber of thickness t ,

e = base of the natural logarithm system, and

μ = slope of the absorption curve = the attenuation coefficient.

TABLE 5-3. Linear Attenuation Coefficients, cm^{-1}

	$\rho, (\text{g}/\text{cm}^3)$	QUANTUM ENERGY (MeV)												
		0.1	0.15	0.2	0.3	0.5	0.8	1.0	1.5	2	3	5	8	10
C	2.25	0.335	0.301	0.274	0.238	0.196	0.159	0.143	0.117	0.100	0.080	0.061	0.048	0.044
Al	2.7	0.435	0.362	0.324	0.278	0.227	0.185	0.166	0.135	0.117	0.096	0.076	0.065	0.062
Fe	7.9	2.72	1.445	1.090	0.838	0.655	0.525	0.470	0.383	0.335	0.285	0.247	0.233	0.232
Cu	8.9	3.80	1.830	1.309	0.960	0.730	0.581	0.520	0.424	0.372	0.318	0.281	0.270	0.271
Pb	11.3	59.7	20.8	10.15	4.02	1.64	0.945	0.771	0.579	0.516	0.476	0.482	0.518	0.552
Air	1.29×10^{-3}	1.95×10^{-4}	1.73×10^{-4}	1.59×10^{-4}	1.37×10^{-4}	1.12×10^{-4}	9.12×10^{-5}	8.45×10^{-5}	6.67×10^{-5}	5.75×10^{-5}	4.6×10^{-5}	3.54×10^{-5}	2.84×10^{-5}	2.61×10^{-5}
H ₂ O	1	0.167	0.149	0.136	0.118	0.097	0.079	0.071	0.056	0.049	0.040	0.030	0.024	0.022
Concrete ^a	2.35	0.397	0.326	0.291	0.251	0.204	0.166	0.149	0.122	0.105	0.085	0.067	0.057	0.054

^aOrdinary concrete of the following composition: 0.56% H, 49.56% O, 31.35% Si, 4.56% Al, 8.26% Ca, 1.22% Fe, 0.24% Mg, 1.71% Na, 1.92% K, 0.12% S.

Source: From White G. *X-ray Attenuation Coefficients*. Washington, DC: US Government Printing Office; 1952. NBS Report 1003.

Half Value Layer and Tenth Value Layer

The half value layer (HVL) is defined as the thickness of a shield or an absorber that reduces the radiation level by a factor of 2, that is to half the initial level. (The HVL is also called a *half value thickness*.) The relationship of the HVL of a shielding material to the attenuation coefficient for that material is analogous to that between the half-life and the decay rate constant for a radioisotope. The shield thickness necessary to reduce the intensity of a beam, under conditions of good geometry, to $1/2$ is calculated from Eq. (5.27) in the following manner:

$$\begin{aligned}\frac{I}{I_0} &= \frac{1}{2} = e^{-\mu t} \\ \ln \frac{1}{2} &= -0.693 = -\mu t_{1/2} \\ t_{1/2} &= \frac{0.693}{\mu} = \text{HVL.}\end{aligned}\tag{5.34}$$

When calculating shielding thickness, it may be convenient to determine the number of HVLs required to reduce the radiation to the desired level. For example, to reduce the radiation level to $1/10$ its original level would require between 3 HVLs (which would reduce the level to $1/2^3 = 1/8$) and 4 HVLs (which would reduce the beam to $1/2^4 = 1/16$). Generally, the number of HVLs (n) required to reduce the beam level from I_0 to I is given by

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1}{2^n}.\tag{5.35}$$

To calculate the number of HVLs to reduce the gamma ray beam level to 10%, as in Example 5.12 using Eq. (5.35):

$$\begin{aligned}\frac{I}{I_0} &= \frac{1}{10} = \frac{1}{2^n} \\ n &= 3.3 \text{ HVLs.}\end{aligned}$$

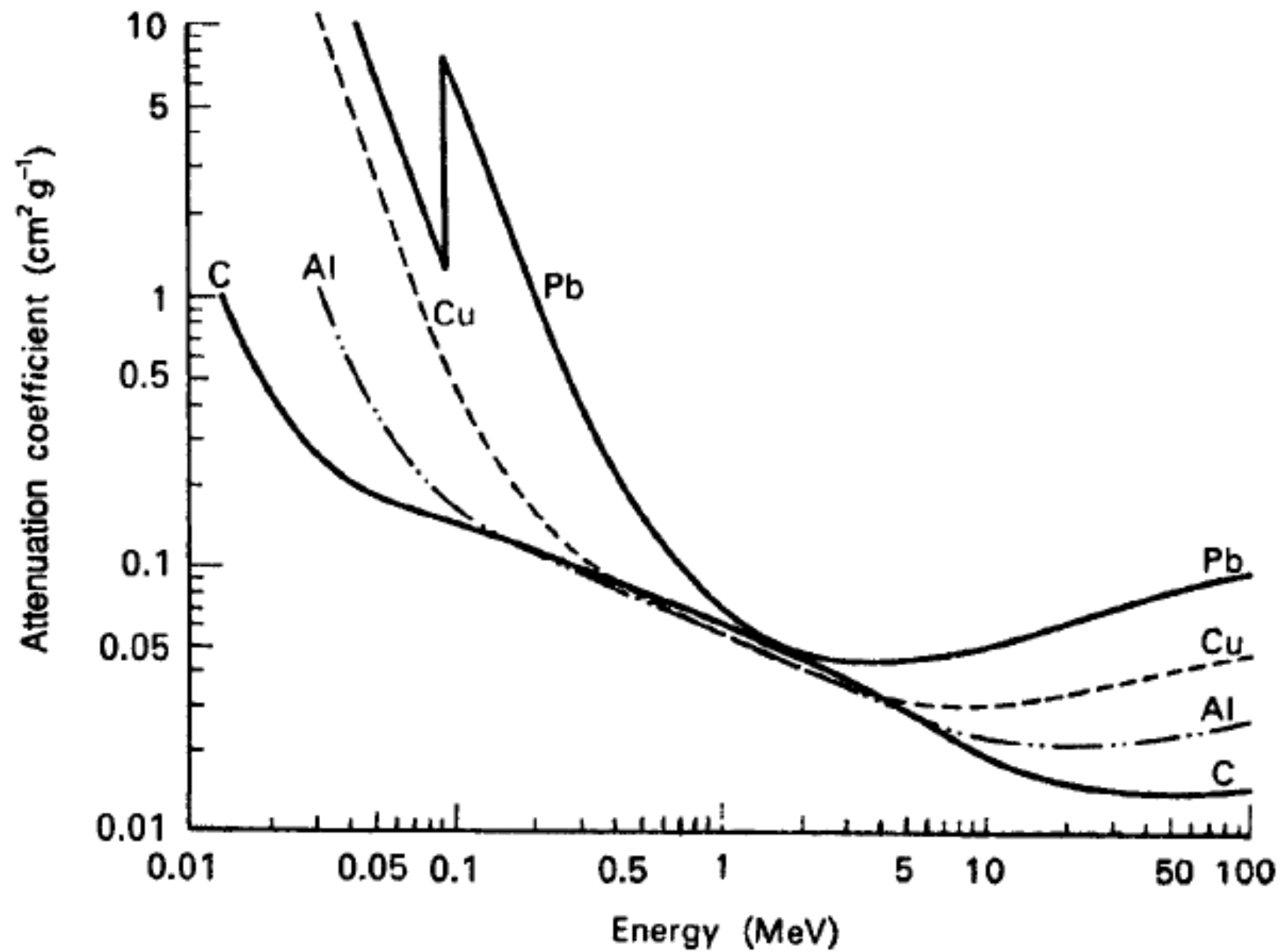


Figure 5-14. Curves illustrating the systematic variation of attenuation coefficient with atomic number of absorber and with quantum energy.

Table 15.4 Half-Value Layers for X Rays (Broad Beams) in Lead and Concrete

Peak Voltage (kVp)	HVL Lead (mm)	HVL Concrete (cm)
50	0.06	0.43
70	0.17	0.84
100	0.27	1.6
125	0.28	2.0
150	0.30	2.24
200	0.52	2.5
250	0.88	2.8
300	1.47	3.1
400	2.5	3.3

حفاظ گذاری پرتوهای ایکس

- ۱: حفاظ گذاری چشمه: محفظه تشخیصی، محفظه درمانی
- ۲: حفاظ گذاری ساختمان



نکاتی در مورد حفاظ گذاری پرتو X

- ۱- هرچه شدت تابش بیشتر باشد ضخامت ماده محافظ بیشتر است.
- ۲ - دستگاههایی مانند میکروسکوپ الکترونی، لامپ تلویزیونی و ... که انرژی بیش از ۵ الکترون ولت دارند، تولید ایکس می نمایند پس افراد باید دارای محافظ باشند
- ۳- دستها در فلورسکوپی تا ۷۵۰ میلی سیورت را بدون دستکش محافظتی تحمل می نمایند
- ۴ - حداکثر پرتوگیری پرسنل رادیولوژی ۵رم در سال است
- ۵- رادیولوژی پرتابل بدلیل پرتوگیری بیشتر مجهز به کابل بلند میباشد و تکنسین ها باید مجهز به پیشبند حفاظتی باشند
- ۶- استفاده از پیش بند سربی توسط پرتوکاران
- ۷- رادیولوژی ناحیه شکم در زنان در سنین باروری طی ده روز اول شروع قاعدگی انجام می شود
- ۸- پرتو نگاری از معده، اثنی عشر، روده باریک سیستم گرافی، ستون فقرات، لگن ممنوع است
- ۹- استفاده از پیش بند سربی توسط پرسنل باردار

مواد مورد استفاده برای ساخت حفاظ

بتون یکی از مصالح ساختمانی است. علاوه بر این می تواند به سهولت جلوی عبور پرتو ایکس یا گاما را بگیرد. به طور کلی یک ماده حفاظتی باید دارای مشخصات زیر باشد:

۱: با استفاده از وزن و ضخامتی مناسب مشکل حفاظت بر طرف می شود.

۲: در صورت امکان هم به عنوان مصالح ساختمانی و هم به عنوان ماده حفاظتی از آن استفاده شود.

۳: با نصب آن جلوی نفوذ و عبور پرتوهای ایکس به طور دائم گرفته شود و احتیاج به تعویض نداشته باشد.

۴: در صورت لزوم بر حسب مورد و محل آن ماده حفاظتی شفاف باشد و از نظر ظاهر ناخوشایند نباشد.

۵: به سهولت بتوان آنرا تهیه کرد و از لحاظ قیمت با صرفه باشد.

۶: همانطور که در بالا ذکر شد مواد متداول بیشتر سرب و بتون هستند و انتخاب بین این دو به عوامل اقتصادی و همچنین مشخصات پرتو بستگی دارد.

شیشه معمولی

- در صورتی که حفاظ کمی مورد نیاز باشد از شیشه معمولی با چگالی $5/2$ تا $7/2$ گرم بر سانتی متر مکعب استفاده می شود. در تاسیساتی با انرژی حدود مگا ولتاژ از شیشه های معمولی ضخیم می توان استفاده کرد ولی خاصیت شکست نور در شیشه های ضخیم زیاد است و میدان دید را کاهش می دهد برای از بین بردن این نقص از گلیسیرین یا روغن در فضای بین ورقه های شیشه استفاده می شود در نتیجه این مواد خاصیت بازتاب و شکست نور را کاهش داده و عبور نور را افزایش داده و میدان دید واضح تر می شود.

شیشه سرب دار

- صفحات شیشه‌ حای سرب از مواد متداول در مسائل حفاظتی است ولی عبور نور از این شیشه ها همرا با شکست زیاد است و در نتیجه تمام انرژی نور به طور کامل از آن عبور نمی کند.

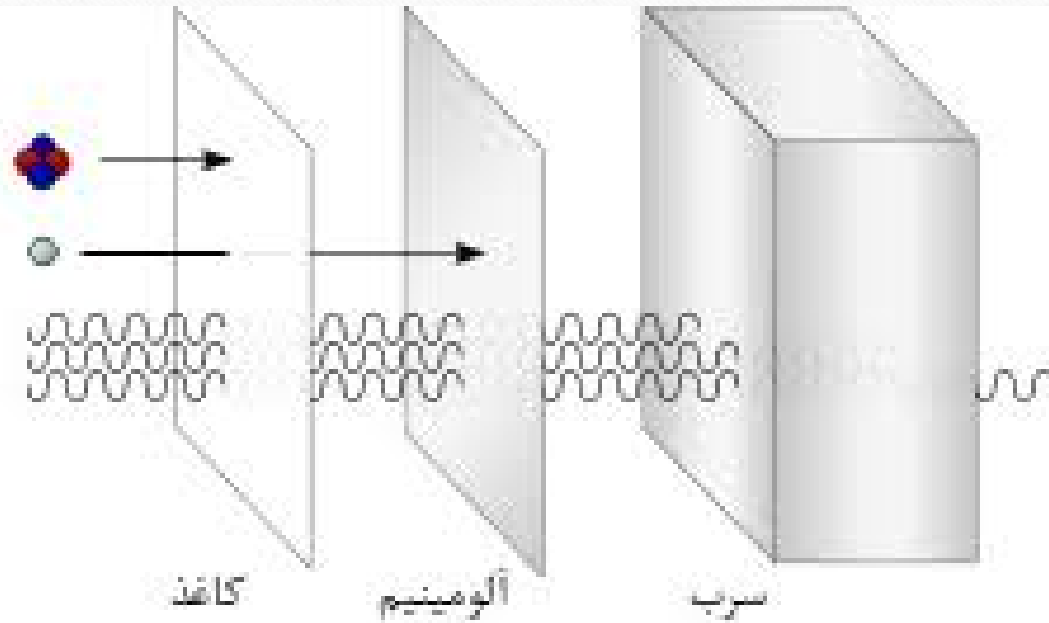
ضخامت بتون معادل سرب در قدرتهای مختلف لوله مولد پرتو ایکس

ضخامت سرب میلی متر (mm)	قدرت لوله مولد			
	kv۱۵۰	kv۲۰۰	kv۳۰۰	kv۴۰۰
	ضخامت بتون (mm میلی متر)			
۱	۸۰	۷۵	۵۶	۴۷
۲	۱۵۰	۱۴۰	۸۹	۷۰
۳	۲۲۰	۲۰۰	۱۱۷	۹۴
۴	۲۸۰	۲۶۰	۱۴۰	۱۱۲
۶			۲۰۰	۱۴۰
۸			۲۴۰	۱۷۳
۱۰			۲۸۰	۲۱۰
۱۵				۲۸۰

ضخامت فولاد معادل سرب در قدرتهای مختلف لوله مولد پرتو ایکس

ضخامت سرب (mm)	قدرت لوله مولد						
	kv۱۵۰	kv۲۰۰	kv۳۰۰	kv۴۰۰	kv۶۰۰	kv۸۰۰	kv۱۰۰۰
	ضخامت فولاد (mm)						
۱	۱۱	۱۲	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸
۲	۲۵	۲۷	۲۰	۱۸	۱۶	۱۴	۱۳
۳	۳۷	۴۰	۲۸	۲۴	۱۹	۱۷	۱۶
۴	۵۰	۵۵	۳۵	۲۸	۲۳	۲۰	۱۸
۶			۴۸	۳۸	۳۰	۲۶	۲۳
۸			۶۰	۴۵	۳۶	۳۱	۲۸
۱۰			۷۵	۵۵	۴۲	۳۶	۳۲
۱۵				۷۵	۵۵	۴۸	۴۳

α
 β
 γ



انواع وسایل حفاظتی

- روپوش سربی
- دستکش سربی
- حفاظ تیروئید
- حفاظ چشمها و صورت



روپوش سربی

- روپوشهای سربی از پودر سرب همراه با ترکیبی از لاستیک کش دار قابل انعطاف ساخته میشوند
- ضخامت آنها حداقل معادل ۰,۲۵ میلی متر سرب است
- یک روپوش سربی حدود ۷۵ تا ۸۰٪ مغز فعال استخوان بدن را میپوشاند.
- بعضی روپوشها از ترکیب باریم، تنگستن و سرب ساخته میشوند تا هم وزن کلی را کاهش داده (۳۰٪ کمتر) و هم مشکلات کارائی سرب را در برخی انرژیها پوشش دهند.
- روپوش سربی مخصوص پرتونگار باردار نیز موجود است این روپوشها معادل ۰,۵ میلی متر سرب است
- در ناجیه شکم با یک لایه سرب اضافی معادل ۱ میلی متر از پرتوگیری جنین جلوگیری میکند

پرتونگاری در محیط های بسته

- - قبل از انجام پرتونگاری از اصول کار و عملکرد منبع پرتو، آگاهی کامل وجود داشته باشد.
- - عملکرد کلیه تجهیزات پرتونگاری قبل از شروع عملیات پرتونگاری کنترل شوند.
- - عملیات پرتونگاری با مجوز شخص مسئول انجام پذیرد.
- - کلیه مراحل و عملیات پرتونگاری در دفاتر ثبت گردد.
- - اندازه گیری شدت پرتو در اطراف اتاق به خصوص در محل اتصال در و پنجره انجام پذیرد.
- - محوطه پرتونگاری از افراد غیرمجاز تخلیه گردد.
- - اگر جهت پرتو به طرف زمین است، اطمینان حاصل گردد که طبقه زیر توسط افراد اشغال نشده باشد و یا حفاظ کف اتاق کافی باشد.

پرتونگاری در محیط های بسته (ادامه)

- - هنگام پرتونگاری درها بسته شود و مجدداً اطراف اتاق جهت حصول اطمینان دزیمتری شود.
- - پس از اتمام کار کلیه تجهیزات به محل اولیه منتقل گردد.
- - در مورد دستگاه های پرتوساز، دستگاه خاموش و علائم خطر و حفاظ های اضافی جمع آوری شود.
- - تجهیزات از نظر آسیب دیدگی کنترل و در هر مورد نواقص فوراً برطرف گردد.

نواحی کار

- ۱ – ناحیه ممنوعه : $\dot{D} > 2mSv/h$
- ۲ – ناحیه کنترل شده : $2mSv/h > \dot{D} > 7.5\mu Sv/h$
- ۳ – ناحیه تحت نظارت : $7.5\mu Sv/h > \dot{D} > 2.5\mu Sv/h$
- ۴ – ناحیه آزاد : $\dot{D} < 2.5\mu Sv/h$

محاسبه فواصل نواحی کار

منبع	ممنوعه (R_f)	کنترل شده (R_c)	تحت نظارت (R_s)
^{192}Ir	$1/6 \sqrt{A}$	$26 \sqrt{A}$	$44 \sqrt{A}$
^{60}Co	$2/6 \sqrt{A}$	$42 \sqrt{A}$	$72 \sqrt{A}$
^{137}Cs	$1/3 \sqrt{A}$	$21 \sqrt{A}$	$36 \sqrt{A}$
^{170}Tm	$0/1 \sqrt{A}$	$108 \sqrt{A}$	$37/2 \sqrt{A}$
^{176}Yb	$0/8 \sqrt{A}$	$12/9 \sqrt{A}$	$22/4 \sqrt{A}$

آستانه های بررسی و اقدام

خطر پرتوهای یونساز

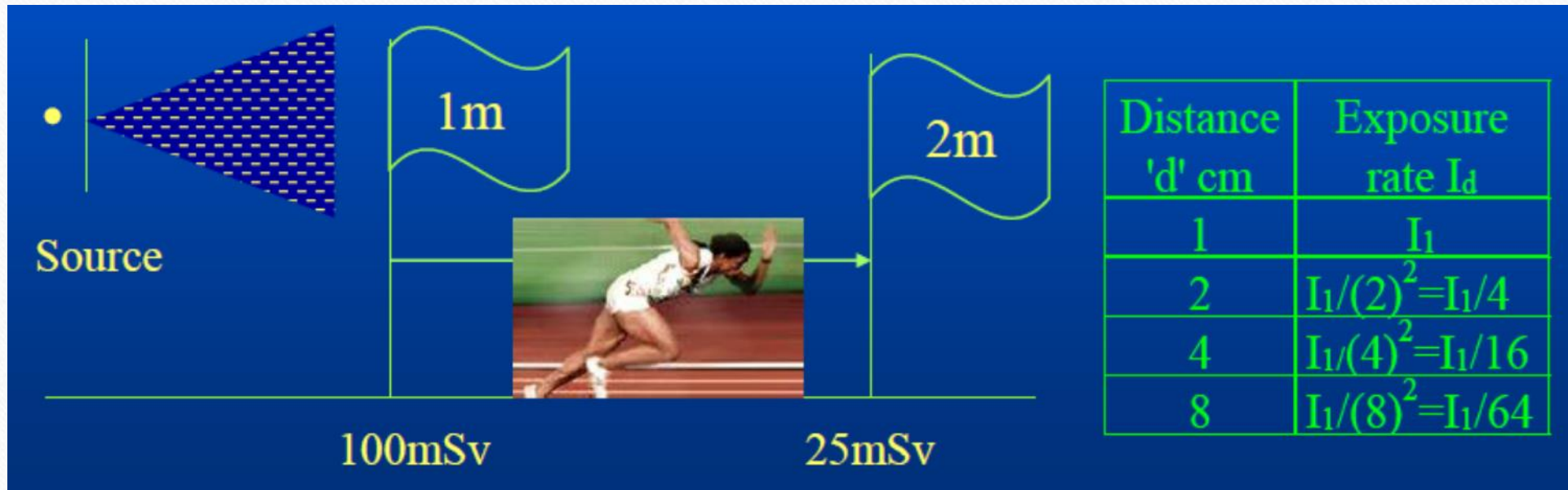
- پرتوگیری خارجی
- پرتوگیری داخلی

EXTERNAL RADIATION SAFETY

1. Minimizing exposure time.
2. Maximizing distance from the radiation source.
3. Shielding the radiation source.

$$D = 5(N - 18)$$

فاصله



$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$

INTERNAL RADIATION SAFETY

1. Inhalation—by breathing radioactive gases and aerosols.
2. Ingestion—by drinking contaminated water, eating contaminated food, or tactilely transferring radioactivity to the mouth.
3. Absorption—through the intact skin or through wounds.

راه های حفاظت در برابر آلودگی داخلی بدن

- کنترل منبع پرتوزا
- کنترل محیط
- کنترل افراد

سپاس از توجه شما

