

# روشهاي کنترل پرتوهاي يونساز

دکتر محمد رضا منظم

استاديار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران و مدير کل دفتر بررسي

آلودگي هوا سازمان حفاظت محيط زيست

[mmonazzam@hotmail.com](mailto:mmonazzam@hotmail.com)

## روشهاي کنترل پرتوها و کاهش اثرات سوء آنها

- هدف از حفاظت در برابر پرتوهاي يونساز
  - جلوگیری از بروز صدمات قطعي
  - به حداقل رساندن صدمات احتمالي
- ICRP سيستم محدود کردن پرتوگيري را به سه اصل استوار کرده است ( ماده ۱۴۱ قانون حفاظت در برابر اشعه نيز به اين امر اشاره دارد)
  ۱. نفع آن محرز و مسلم باشد.
  ۲. در هر مورد دز مجاز بر اساس حداقل ميزان منطقي قابل دسترس (as low as reasonably achievable (ALARA)) باشد
  ۳. دز معادل براي هر فرد از حدود توصيه شده تجاوز نکند

# حدود مجاز

• **MPD : حداکثر دز توصیه شده (Maximum Permissible Dose)**

– مقدار پرتو دریافتی که اگر بدن شخص بطور مداوم و یا در مدت معینی آنرا جذب کند هیچگونه صدمه و اثری در دستگاههای بحرانی بدن او دیده نشود.

• **MPC : حداکثر غلظت توصیه شده (Maximum permissible Concentration)**

– حداکثر مقدار ماده پرتوزا که میتواند در بافت و یا بافتی از بدن ذخیره شده بگونه ای که هیچگونه صدمه ای ببه سیستمهای بحرانی شخص وارد نشود.

• **ALI : حد سالانه ورود مواد پرتوزا به بدن (Annual limit on intake)**

– میزان ورود رادیو نوکلئید مشخص به بدن شخص استاندارد از راههای تنفس، بلع و پوست در طول سال که منجر به دز اجباری برابر با حد دز مربوطه گردد.

# معیارهای اصلی ایمنی تابش

کمیسیون ICRP بمنظور تعیین استانداردهای ایمنی تابش سه نوع پرتوگیری را مشخص کرده:

۱. پرتوگیری شخصی اشخاص بالغ هنگام کار با پرتویونساز

a. زنان باردار

b. سایر کارگران تابش

۲. پرتوگیری عامه مردم

a. تک تک افراد جامعه

b. گروههای جمعی

۳. پرتوگیری پزشکی:

– این دسته شامل بیماران و اشخاصی میشود که به خاطر مسائل تشخیصی و درمانی ناچار از پرتوگیری هستند. کسانی که ضمن پرتوگیری بیمار آن خود بطور اتفاقی پرتومیگیرند جزء این دسته به حساب نمی آیند.

# مقررات فعالیت پرتوی

## حد دز

- ماده ۱۴۳: در هر محل کار میانگین سالانه غلظت گاز رادن بیشتر از ۱۰۰۰ بکرل در متر مکعب هوا باشد، حد دز پرتوگیری شغلی باید اعمال گردد.
- ماده ۱۴۴: حدهای دز برای کنترل پرتوگیری باقوه به کار نمی روند.
- ماده ۱۴۵: حدهای دز برای برنامه ریزی و نحوه اجرای مداخله بکار نمیروند. ولی در مورد پرتوگیری کارکنانی که در عملیات مداخله شرکت دارند، باید از مقررات پرتوگیری اورژانس تبعیت گردد.

# مقررات فعالیت پرتوی حد دز (ادامه)

- ماده ۱۴۶: پرتوگیر شغلی کارکنان باید به نحوی کنترل شود که از حدهای زیر تجاوز نکند:
  - a. میانگین دز موثر سالانه ۲۰ میلی سیورت برای ۵ سال متوالی
  - b. دز موثر ۵۰ میلی سیورت در یک سال
  - c. دز معدل برای عدسیهای چشم ۱۵۰ میلی سیورت در سال
  - d. دز معادل برای دستها و پاها یا برای پوست معادل ۵۰۰ میلی سیورت در سال ( حد دز معادل پوست ، میانگین دز در ۱ سانتی متر مربع از پوست است که بیشترین پرتوگیری را دارد)

# مقررات فعالیت پرتوی حد دز (ادامه)

- ماده ۱۴۷: برای جوانان بین ۱۶ تا ۱۸ سال که در ارتباط با اهداف کار آموزی در معرض پرتوها قرار دارند و یا دانش آموزان بین ۱۶ تا ۱۸ سال که در دوره تحصیلی با منابع سروکار دارند، پرتوگیری شغلی باید به نحوی کنترل گردد که از حدهای زیر تجاوز نکند:
  - دز موثر ۶ ملی سیورت در سال
  - دز معادل برای عدسی چشم، ۵۰ میلی سیورت در سال
  - دز معادل برای دستها و پاها یا برای پوست، ۱۵۰ میلی سیورت در سال
  - ماده ۱۴۸: در شرایط خاص ممکن است تغییرات موقت در مقادیر حد دز توسط واحد قانونی تایید گردد، مشروط بر اینکه میانگین دز موثر کارکنان در ۱۰ سال متوالی از ۲۰ میلی سیورت در سال و دز موثر از ۵۰ میلی سیورت در سال تجاوز نکند.

# مقررات فعالیت پرتوی

## حد دز (ادامه)

- ماده ۱۴۹: دز میانگین برآورد شده برای گروههای بحرانی در ارتباط با فعالیت پرتویی نباید از حدهای زیر تجاوز کند:
  - a. دز موثر ۱ میلی سیورت در سال
  - b. در شرایط خاص، دز موثر سالانه میتواند تا ۵ میلی سیورت افزایش یابد مشروط بر اینکه میانگین دز در ۵ سال متوالی از میلی سیورت در سال تجاوز نکند
  - c. دز معادل برای عدسی چشمها ۱۵ میلی سیورت در سال
  - d. دز معادل برای پوست ۵۰ میلی سیورت در سال
- گروه بحرانی (CRITICAL GROUP): گروهی از افراد جامعه که پرتوگیری مشخص به طور منطقی همگن باشد. این گروه شاخصی از افرادی است که بیشترین دز موثر یا دز معادل را از طریق مسیر پرتوگیری مشخص و از منبع معینی دریافت میکنند.



## مقررات فعالیت پرتوی حد دز (ادامه)

- ماده ۱۵۰: حد دز برای مراقبین بیمار، یعنی افرادی که غیر از وظیفه شغلی یا حرفه ای خود علیرغم آگاهی از پرتوگیری، داوطلبانه از بیماران پرتودرمانی یا پرتو تشخیصی مراقبت و نگهداری نموده یا آسایش آنها را تامین و یا با آنها ملاقات می کنند، بکار نمی رود. اما دز این افراد باید طوری محدود شده باشد که در طول مدت درمان یا تشخیص بیماری از ۵ میلی سیورت تجاوز نکند. دز کودکان ملاقات کننده بیمارانی که مواد پرتوزا به آنها داده شده باید طوری محدود شود که از ۱ میلی سیورت تجاوز نکند.

## جدول راهنما براي تماس با پرتوهاي يونساز

ALI /		

# کنترل پرتوگیری خارجی

چهار اصل اساسی در خصوص کنترل پرتوگیری خارجی پذیرفته شده است

- حداقل کردن زمان تماس
- حداکثر نمودن فاصله از چشمه
- حفاظ چشمه پرتو
- کنترل و بازرسی

معمولاً در خصوص کنترل پرتوگیری خارجی از کلیه روشهای فوق بطور همزمان استفاده میشود.

# زمان

- همانطور که میدانیم میزان دز کلي دريافتي توسط شخص برابر حاصلضرب آهنگ دز در زمان پرتوگيري مباشد.
- در مناطقي که میزان دز بالاست و نمي توان از آن اجتناب نمود از اين فاکتور استفاده نموده و دز کل را بحد ايمن مي رسانيم.
- هرچه آهنگ دز بالاتر باشد زمان تماس را کوتاهتر انتخاب ميکنيم.
- مثلا براي يك کارگر راديوگرافي که بايد ۵ روز در هفته کار کند و محيط کاري آهنگ دزي معادل ۰,۲۵ ميلي سيورت بر ساعت دارد میزان اضافي ميبايست توسط کاهش زمان به ۴۸ دقيقه در روز حذف گردد، در اين شرايط است که دز روزانه شخص ۰,۲ ميلي سيورت خواهد بود
- (توضيح: روزهاي کاري شخص در سال ۲۵۰ روز خواهد بود با توجه به دز موثر مجاز ۵۰ ميلي سيورت در سال میزان دز مجاز روزانه ۰,۲ ميلي سيورت خواهد شد.)
- اگر نوع کار حجم تماس بيشتري را ميطلبد بايد يك کارگر رديوگراف ديگر بجاي اين شخص به فعاليت پردازد که براي هر فرد میزان دز جمع دريافتي از حد ايمن بالاتر نرود.

# فاصله

- واضح است که با افزایش فاصله از منبع میتوان میزان تماس را کاهش داد.
- اساساً سه نوع منبع پرتوزا داریم:
  - منبع نقطه ای
  - منبع خطی
  - منبع سطحی

# فاصله منبع نقطه اي

- در اين منبع ارتباط بين آهنگ دز و فاصله عكس مجذور فاصله است يعني:

آهنگ دز در فاصله  
اوليه

فاصله ثانويه از  
منبع

$$\frac{dR_1}{dR_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

آهنگ دز در فاصله  
ثانويه

فاصله اوليه از  
منبع

# فاصله

منبع نقطه اي (نحوه محاسبه آهنگ دز براي يك چشمه گاما)

قدرت چشمه

اكتيويته

$$dR = \frac{\Gamma \left( \frac{C / kg \cdot m^2}{MBq \cdot hr} \right) \text{ or } \left( \frac{R \cdot m^2}{Ci - hr} \right) \times A (MBq) \text{ or } (Ci)}{d^2 (m)}$$

آهنگ دز

فاصله

قدرت چشمه: آهنگ پرتودهي تابش گامايي يك چشمه نقطه اي با فعاليت واحد و در فاصله واحد راگسيل ويژه پرتو گاما و يا قدرت چشمه ميگويند

# فاصله

منبع نقطه اي (نحوه محاسبه قدرت چشمه گاما)

- قدرت چشمه از دو طريق قابل محاسبه است:
- جدول: که در اسلايد بعدي براي چشمه هاي مختلف بر اساس هر دو واحد ارائه گردیده است.
- فرمول: که بصورت زیر قابل محاسبه است.

انرژی فوتون (میلیون الکترون ولت)      تعداد فوتون با انرژی معین

$$\Gamma = 3.65 \times 10^{-9} \sum_{i=1}^n f_i E_i \left( \frac{C / Kg \cdot m^2}{MBq \cdot hr} \right)$$

$$\Gamma = 0.5 \sum_{i=1}^n f_i E_i \left( \frac{R \cdot m^2}{Ci \cdot hr} \right)$$



Isotope	Γ	
	$\frac{R\text{-m}^2}{\text{Ci-hr}}$	$\frac{X\text{-m}^2}{\text{MBq-hr}}$
Antimony-122	0.24	1.67E—09
Cesium-137	0.33	2.30E—09
Chromium-51	0.016	1.11E—10
Cobalt-60	1.32	9.19E—09
Gold-198	0.23	1.60E—09
Iodine-125	0.07	4.87E—10
Iodine-131	0.22	1.53E—09
Iridium-192	0.48	3.34E—09
Mercury-203	0.13	9.05E—10
Potassium-42	0.14	1.39E—09
Radium-226	0.825	5.75E—09
Sodium-22	1.20	8.36E—09
Sodium-24	1.84	12.80E—09
Zinc-65	0.27	1.88E—09

## فاصله

منبع نقطه اي

(نحوه محاسبه قدرت چشمه

گاما)

راه جدول

# فاصله

منبع نقطه اي (نحوه محاسبه قدرت چشمه گاما)  
مثال

- کبالت ۶۰ که دو فوتون با انرژی های ۱,۱۷ و ۱,۳۱ میلیون الکترون ولت برای هر فروپاشی دارد میزان قدرت چشمه کبالت را بدست آورید:

$$\Gamma = 3.65 \times 10^{-9} \times (1 \times 1.17 + 1 \times 1.31) \approx 9.1 \times 10^{-9} \left( \frac{C/Kg.m^2}{MBq.hr} \right)$$

$$\Gamma = 0.5 \times (1 \times 1.17 + 1 \times 1.31) \approx 1.3 \left( \frac{R.m^2}{Ci.hr} \right)$$

- نتایج فوق از جدول اسلاید قبلی نیز قابل حصول است

# فاصله

منبع نقطه اي (نحوه محاسبه آهنگ دز توسط يك چشمه گاما)  
مثال

- میزان آهنگ دز ناشی از ۳۷ مگا بکرل چشمه کبالت ۶۰ در فاصله ۱ متری چند روتگن بر ساعت خواهد بود؟ ( آیا میزان دز دریافتی بالاتر از حد مجاز است)

$$A = 37 \text{ MBq}, 100 \text{ mCi}$$

$$\Gamma = 1.3 \left( \frac{R.m^2}{Ci.hr} \right)$$

$$dR = \frac{\Gamma \times A}{d^2} = \frac{1.3 \times 100 \times 10^{-3}}{1^2} = 0.13 \text{ R/hr}$$

میزان دز مجاز ۰,۰۲۵ میلی سیورت بر ساعت و یا ۲,۵ میلی رم بر ساعت است در حالی که مقدار آهنگ دز فوق تقریباً برابر ۱۳۰ میلی رم بر ساعت است که از حد مجاز بالاتر است

## فاصله

منبع نقطه اي (نحوه محاسبه آهنگ دز توسط يك چشمه گاما)  
مثال

- اگر يك راديوگراف بخواهد با چشمه مثال (اسلايد قبلي) حدود ۱ ساعت در روز کار کند میزان آهنگ دز وي حداکثر ميتواند ۰,۲ ميلي سيورت بر ساعت باشد (يا ۲۰ ميلي رم بر ساعت) اگر بخواهد با استفاده از فاصله به اين حد برسد ، در چه فاصله اي از چشمه بايد کار کند؟

$$\frac{dR_1}{dR_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2} \Rightarrow \frac{130}{20} = \frac{d_2^2}{1}$$

$$\Rightarrow d_2^2 = \frac{130}{20} = 6.5 \Rightarrow d_2 = 2.5 \text{ m}$$

## فاصله

منبع نقطه اي (نحوه محاسبه آهنگ دز توسط يك چشمه گاما)  
مثال

- اگر کارگر فوق بخواهد ۴۰ ساعت در هفته یا بعبارتي ۸ ساعت در روز کار کند لذا حد مجاز پرتوگيري وي ۰,۰۲۵ ميلي سيورت بر ساعت و یا ۲,۵ ميلي رم بر ساعت خواهد بود. در چنین شرایطی کارگر باید در چه فاصله اي از منبع کار کند؟

$$\frac{dR_1}{dR_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2} \Rightarrow \frac{130}{2.5} = \frac{d_2^2}{1}$$

$$\Rightarrow d_2^2 = \frac{130}{2.5} = 52 \Rightarrow d_2 = 7.2 \text{ m}$$

# فاصله

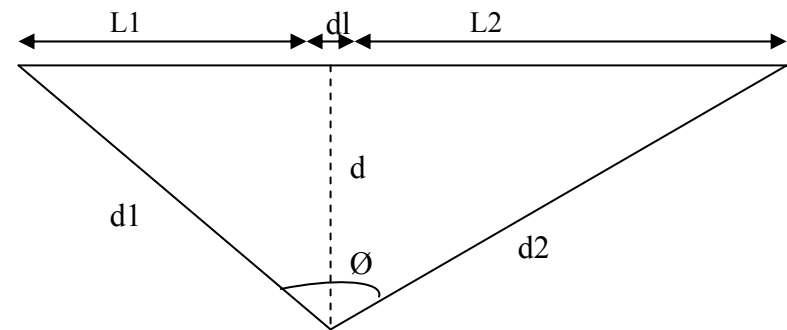
## منبع خطي

- در منابع خطي همچون لوله هاي فاضلاب و يا .. ميزان آهنگ دز در فواصل مختلف با منابع نقطه اي تفاوت خواهد داشت.
- ميزان آهنگ دز در فاصله  $d$  براي يك المان كوچك  $dL$  لوله از رابطه زير بدست مي آيد:

اكتيويته خطي بر حسب  
كوري يا مگا بكرل بر متر

$$dR = \frac{\Gamma \times C_l \times dl}{l^2 + d^2}$$

كل طول منبع خطي




# فاصله

منبع خطي

- میزان آهنگ دز براي كل لوله بشکل زیر بدست خواهد آمد:

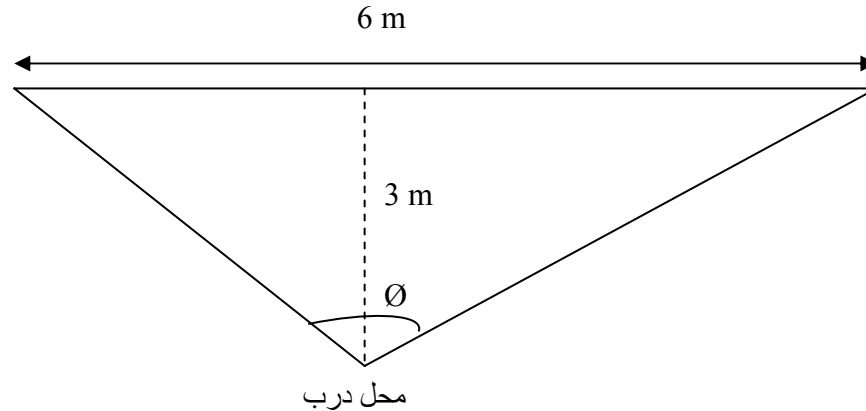
زاویه بر حسب راديان

$$dR = \Gamma C_l \left( \int_0^{l_1} \frac{dl}{l^2 + d^2} + \int_0^{l_2} \frac{dl}{l^2 + d^2} \right)$$
$$\Rightarrow dR = \frac{\Gamma C_l}{d} \left( \tan^{-1} \left( \frac{l_1}{d} \right) + \tan^{-1} \left( \frac{l_2}{d} \right) \right) = \frac{\Gamma \times C_l \times \theta}{d}$$


# فاصله

منبع خطي (مثال)

- در يك اتاق به طول ۶ متر يك لوله باريك سديم ۲۴ عبور ميكند. درب اتاق درست وسط اتاق در فاصله ۳ متری از لوله مطابق شكل زیر قرار گرفته است. اگر غلظت اکتیویته خطي برای هر متر ۱۰۰ مگابکرل باشد، میزان دز معادل در قسمت در و همچنین دز معادل در فاصله ۱,۵ متری از لوله را محاسبه کنید؟





# فاصله

منبع خطي (حل)

- میزان قدرت چشمه برای سدیم ۲۴ با استفاده از جدول مربوطه بدست آمده و آنگاه آهنگ دز در فاصله ۳ متری با استفاده رابطه مربوط به منبع خطي بشرح ذیل محاسبه میگردد:

$$\Gamma = 1.28 \times 10^{-8} \frac{C/kg \cdot m^2}{MBq \cdot hr}$$

$$dR = \frac{2\Gamma C_l}{d} \tan^{-1}\left(\frac{l}{d}\right) = \frac{2 \times 1.28 \times 10^{-8} \times 100}{3} \tan^{-1}\left(\frac{3}{3}\right)$$

$$dR = 8.53 \times 10^{-7} \times \frac{\pi}{4} = 6.7 \times 10^{-7} \frac{C/kg}{hr}$$

$$6.7 \times 10^{-7} \left( \frac{C/kg}{hr} \right) \times 34 \left( \frac{Gy}{C/kg} \right) \times 1 \left( \frac{Sv}{Gy} \right) = 0.023 \times 10^{-3} Sv/hr$$

$$= 0.023 \text{ mSv/hr or } 2.3 \text{ mrem/hr}$$

که میزان دز دریافتی در این نقطه در حد مجاز است

# فاصله

منبع خطي (حل)

- با داشتن آهنگ دز در يك فاصله خاص ميتوان آهنگ آنرا در هر فاصله ديگري از رابطه زير بدست آورد:

$$\frac{dR_1}{dR_2} = \frac{\frac{\Gamma C_1 \theta_1}{d_1}}{\frac{\Gamma C_1 \theta_2}{d_2}} \Rightarrow \frac{dR_1}{dR_2} = \frac{d_2}{d_1} \times \frac{\theta_1}{\theta_2}$$

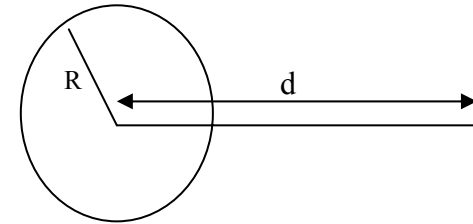
$$\theta_1 = 2 \tan^{-1} \left( \frac{3}{3} \right) = \frac{\pi}{2}, \quad \theta_2 = 2 \tan^{-1} \left( \frac{3}{1.5} \right) = 1.4\pi$$

$$\frac{0.023}{dR_2} = \frac{1.5}{3} \times \frac{\pi/2}{1.4\pi} \Rightarrow dR_2 = 12.8 \text{ mSv/hr or } 12.8 \text{ mrem/hr}$$

# فاصله

## منبع سطحي

- در منبع سطحي آهنگ دز از رابطه زیر بدست مي آيد:



اكتيويته سطحي

$$dR(Sv/hr) = 34\pi \times \Gamma \left( \frac{X \text{ unit} \cdot m^2}{MBq \cdot hr} \right) \times C_a \left( \frac{MBq}{m^2} \right) \times \ln \left( \frac{R^2 + d^2}{d^2} \right)$$

$$dR(rem/hr) = \pi \times \Gamma \left( \frac{R \cdot m^2}{Ci \cdot hr} \right) \times C_a \left( \frac{Ci}{m^2} \right) \times \ln \left( \frac{R^2 + d^2}{d^2} \right)$$

# فاصله

تأثیر فاصله در منبع سطحی

- در این منبع نیز با داشتن آهنگ دز در يك فاصله خاص میتوان اندازه آهنگ را در هر فاصله دیگر با استفاده از رابطه زیر تعیین کرد:

$$\frac{dR_1}{dR_2} = \frac{\ln \left[ \left( R^2 + d_1^2 \right) / d_1^2 \right]}{\ln \left[ \left( R^2 / d_2^2 \right) / d_2^2 \right]}$$

# فاصله

منبع سطحی (مثال)

- ۵۰ مگا بکرل محلول  $^{24}\text{NaCl}$  در یک سطح گرد با قطر ۵۰ سانتی متر مفروض است. میزان دز گاما را در فاصله ۳۰ سانتی متری و یک متری محاسبه کنید؟
- حل: ابتدا از جدول مربوطه میزان قدرت چشمه را بدست می آوریم همچنین لازم است میزان اکتیویته خطی را نیز محاسبه کنیم لذا داریم:

$$\Gamma = 1.28 \times 10^{-8} \frac{X_{\text{unit.m}^2}}{\text{MBq.hr}}$$

$$C_a = \frac{50 \text{ MBq}}{\pi r^2} = \frac{50}{\pi \times (0.25)^2} = 254.65 \frac{\text{MBq}}{\text{m}^2}$$

# فاصله

منبع سطحی (حل)

- میزان آهنگ دز در فاصله ۳۰ سانتی متری از رابطه نیز بدست می آید:

$$dR_{30cm} = 34 \times 3.14 \times 1.28 \times 10^{-8} \times 254.65 \times \ln\left(\frac{0.25^2 + 0.3^2}{0.3^2}\right)$$

$$\Rightarrow dR_{30cm} = 1.84 \times 10^{-4} \text{ Sv/hr}, = 0.184 \text{ mSv/hr}, = 18.4 \text{ mrem/hr}$$

- آهنگ دز در فاصله يك متری را میتوان بشکل زیر با استفاده از آهنگ دز در فاصله ۳۰ سانتی متری بدست آورد:

$$\frac{dR_{30cm}}{dR_{1m}} = \frac{0.184}{dR_{1m}} = \frac{\ln\left[\frac{(0.25^2 + 0.3^2)}{0.3^2}\right]}{\ln\left[\frac{(0.25^2 + 1^2)}{1^2}\right]} = 0.021 \text{ mSv/hr}$$