

منابع تابش در پرتونگاری صنعتی

حفاظت در برابر اشعه: پرتونگاری صنعتی
(ویرایش نخست - ۱۳۹۵)



آنچه می‌آموزید!



عناوین

ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های
ایکس

چشمه‌های
گاما

پرتونگاری
با دوربین

مدل‌های
دوربین‌ها

مقایسه‌ی
X و γ

جمع‌بندی

• پرتوهای ایکس و گاما

• تابش ایکس

• دستگاه‌های مولد تابش ایکس

• چشمه‌های گاما و مشخصه‌های آنها

• پرتونگاری با دوربین

• انواع مدل‌های دوربین پرتونگاری

• مقایسه‌ی مولدهای ایکس و گاما

• جمع‌بندی.

تابش ایکس و گاما

ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های
ایکس

چشمه‌های
گاما

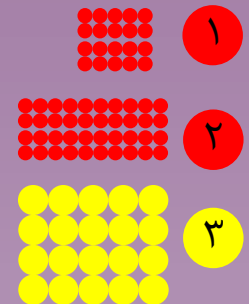
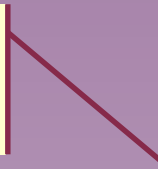
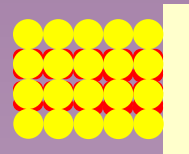
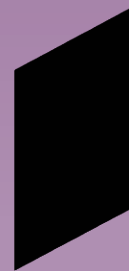
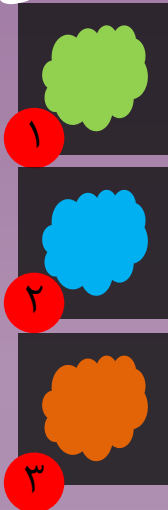
پرتونگاری
با دوربین

مدل‌های
دوربین‌ها

مقایسه‌ی
X و γ

جمع‌بندی

- برای پرتونگاری از تابش ایکس یا گاما استفاده می‌شود.
- پرتوهای ایکس و گاما ذراتی (به نام فوتون) هستند که با سرعت نور (3×10^8 m/s) حرکت می‌کنند.
 - فوتون‌ها بسته‌هایی از انرژی هستند.
 - فوتون‌ها ممکن است انرژی‌های متفاوتی داشته باشند.
 - شدت یک پرتو به تعداد فوتون‌ها و به انرژی تک تک فوتون‌ها بستگی دارد.



سازوکار تولید تابش ایکس

ایکس و گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های ایکس

چشمه‌های گاما

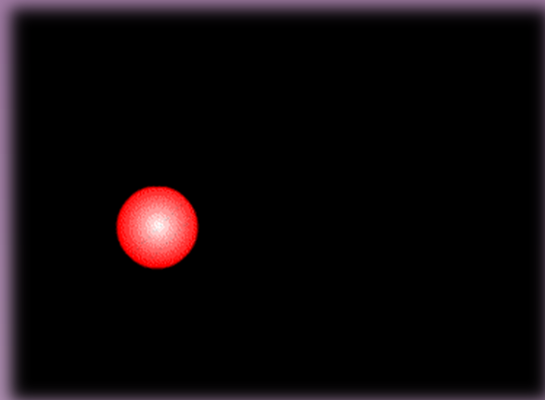
پرتونگاری با دوربین

مدل‌های دوربین‌ها

مقایسه‌ی γ و x

جمع‌بندی

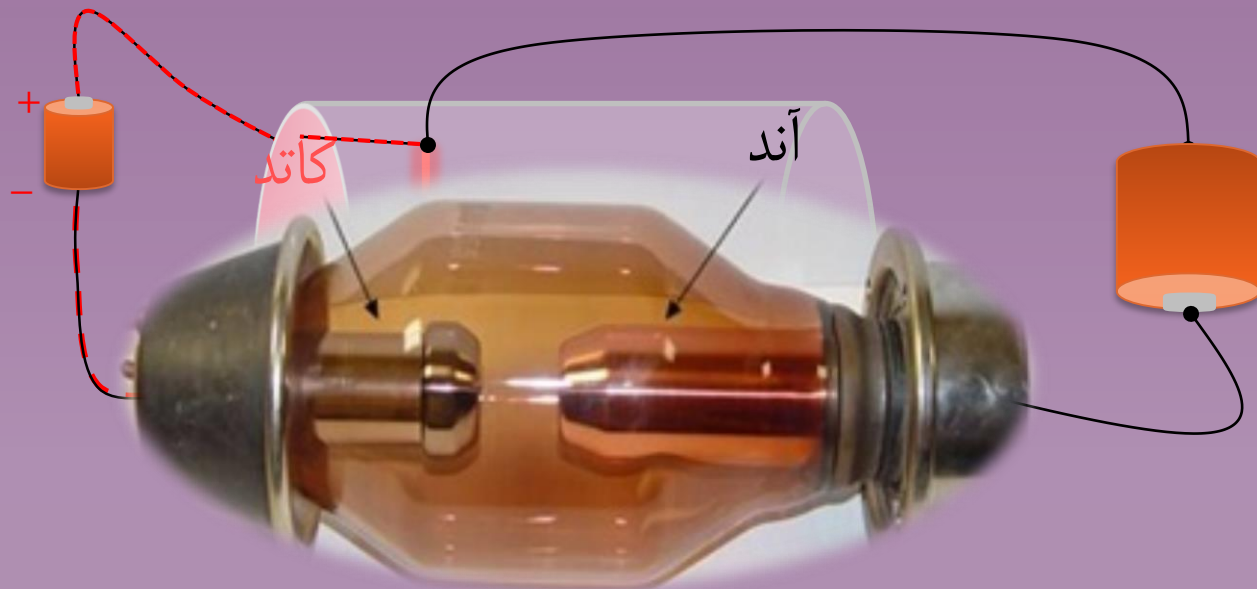
- وقتی سرعت جسمی کم شود (شتاب منفی)، انرژی آن به‌صورتی آزاد می‌شود.
- اگر سرعت الکترون در اثر برخورد با یک مانع کم شود، انرژی آن به‌صورت تابش ایکس آزاد می‌شود.



برگرفته از <http://profstelmark.com>

شتاب دادن الکترون

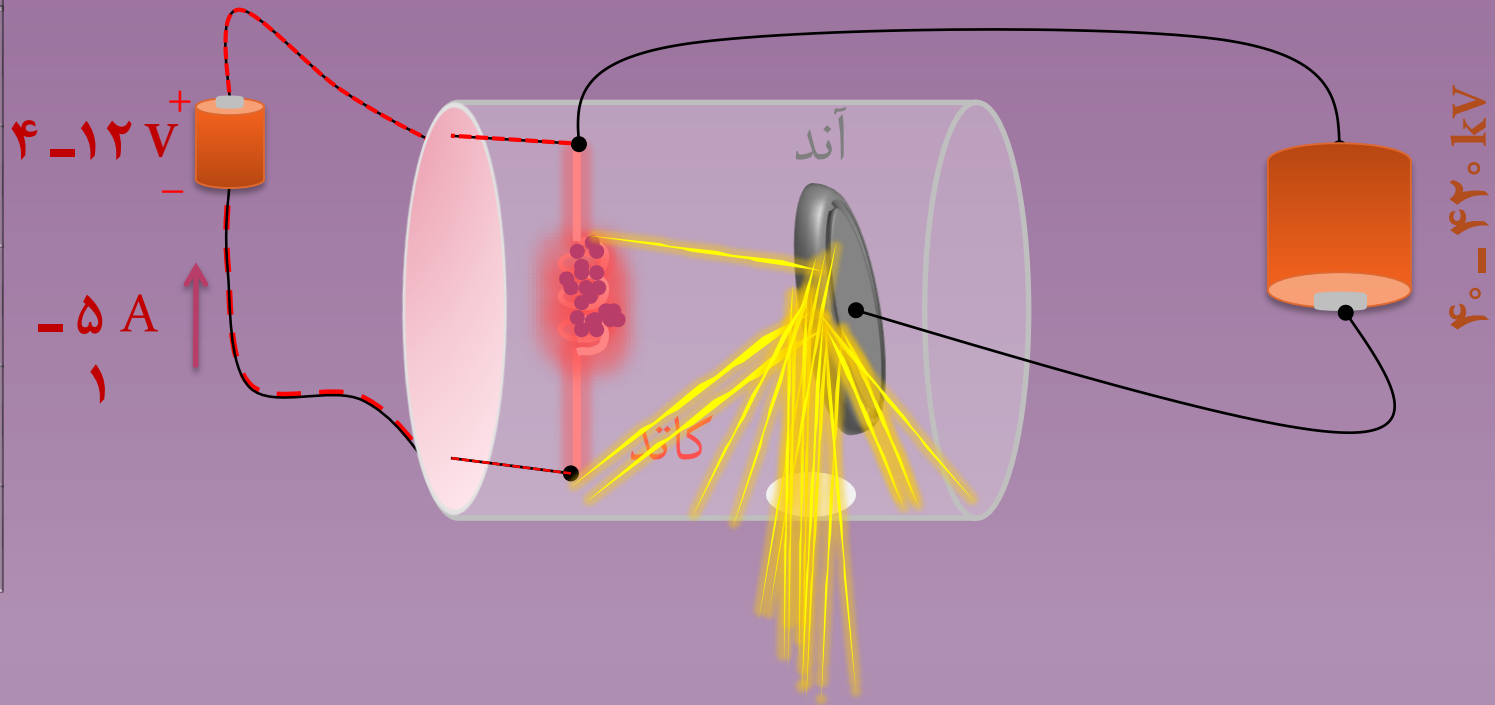
- الکترون یک ذره‌ی با بار منفی است.
- الکترون از قطب منفی باتری (کاتد) به سمت قطب مثبت آن (آنود) حرکت می‌کند.



ایکس و گاما تابش ایکس
دستگاه‌های ایکس
چشمه‌های گاما
پرتونگاری با دوربین
مدل‌های دوربین‌ها
مقایسه‌ی γ و x
جمع‌بندی

ترمز الکترون و تابش ایکس

- سرعت الکترون در اثر برخورد با آند کم، و تابش ایکس ترمزی تولید می‌شود.



ایکس و گاما
تابش ایکس
دستگاه‌های ایکس
چشمه‌های گاما
پرتونگاری با دوربین
مدل‌های دوربین‌ها
مقایسه‌ی γ و x
جمع‌بندی

مشخصه‌های تابش ایکس

- در پرتونگاری، دو مشخصه از تابش ایکس اهمیت بیشتری دارد

- شدت باریکه (هرچه تعداد فوتون‌ها بیشتر باشد، شدت بالاتر است)، و

- قدرت نفوذ باریکه در اجسام (هرچه انرژی فوتون‌ها بیشتر باشد، قدرت نفوذ آن‌ها بیشتر است).



- این مشخصه‌ها با تغییر متغیر

- ولتاژ (kV)،

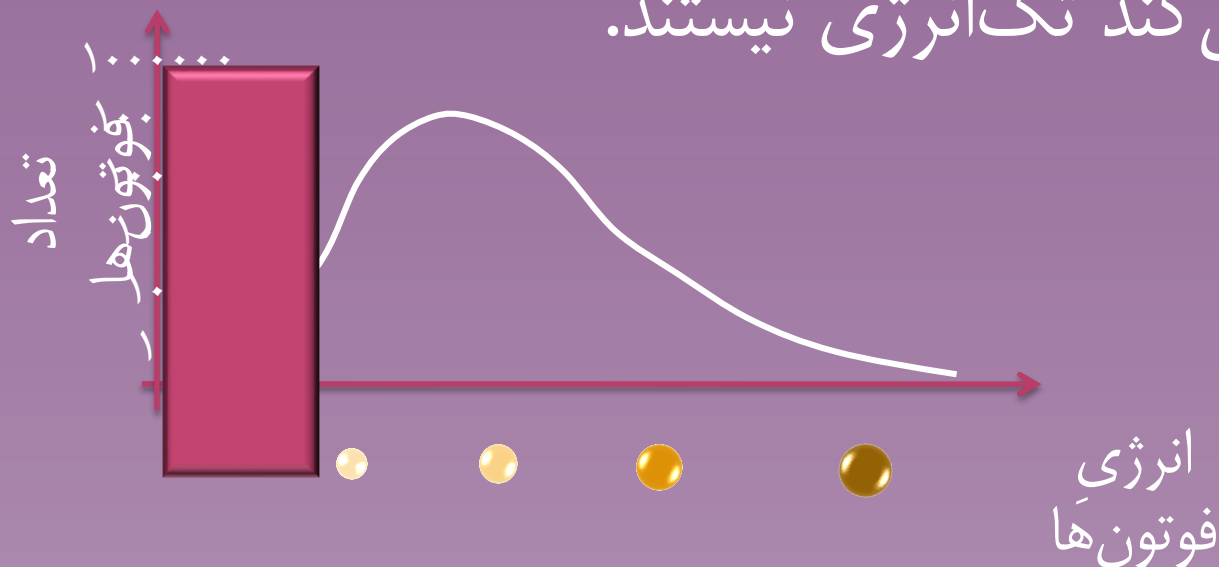
- جریان (mA)، و

- زمان پرتودهی (s).

ایکس و گاما
تابش ایکس
دستگاه‌های ایکس
چشمه‌های گاما
پرتونگاری با دوربین
مدل‌های دوربین‌ها
مقایسه‌ی γ و x
جمع‌بندی

طیف تابش ایکس

- فوتون‌هایی که یک دستگاه مولد ایکس تولید می‌کند تک‌انرژی نیستند.



با یک فیلتر می‌توان فوتون‌های با انرژی پایین را، که تصویر را خراب می‌کنند، حذف کرد.

ایکس و گاما
تابش ایکس
دستگاه‌های ایکس
چشمه‌های گاما
پرتونگاری با دوربین
مدل‌های دوربین‌ها
مقایسه‌ی γ و x
جمع‌بندی

اثر ولتاژ بر کیفیت تصویر

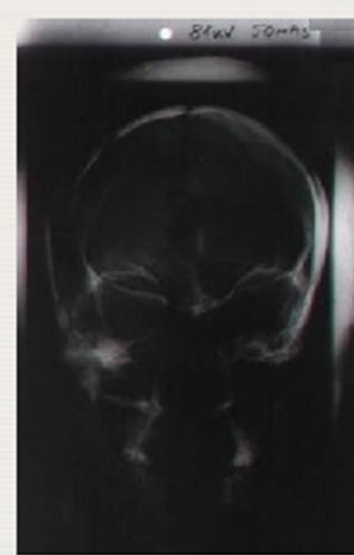
60 kV - 50 mAs



70 kV - 50 mAs



80 kV - 50 mAs



ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های
ایکس

چشمه‌های
گاما

پرتونگاری
با دوربین

مدل‌های
دوربین‌ها

مقایسه‌ی
γ و X

جمع‌بندی

نکته‌ی حفاظتی



- از نظر حفاظتی تا جایی که می‌شود پرتودهی (ولتاژ، زمان، جریان) را کم کنید!

دستگاه مولد پرتو ایکس

ایکس و گاما
تابش ایکس
دستگاه‌های ایکس
چشمه‌های گاما
پرتونگاری با دوربین
مدل‌های دوربین‌ها
مقایسه‌ی γ و X
جمع‌بندی



انواع دستگاه‌های مولد ایکس

• دستگاه‌های قابل حمل

– مشخصات نوعی

عمق نفوذ در فولاد (mm)	جریان (mA)	ولتاژ (kV)	وزن (kg)
۲۰	۴ - ۵	۵۵ - ۱۶۰	۲۶
۳۴	۴/۵ - ۸	۷۰ - ۲۰۰	۳۸
۴۶	۴/۵ - ۷	۹۰ - ۲۵۰	۵۹
۵۵	۴ - ۵	۱۰۵ - ۳۰۰	۵۹

- ایکس و گاما
- تابش ایکس
- دستگاه‌های ایکس
- چشمه‌های گاما
- پرتونگاری با دوربین
- مدل‌های دوربین‌ها
- مقایسه‌ی γ و x
- جمع‌بندی

انواع دستگاه‌های مولد ایکس (ادامه)

• دستگاه‌های ثابت یا متحرک

– مشخصات نوعی

عمق نفوذ در فولاد (mm)	جریان (mA)	ولتاژ (kV)	وزن (kg)
۱۴	۶	۱۰ - ۱۰۰	۲۰۰
۳۲	۱۰	۵۵ - ۱۶۰	۲۷۵
۸۲	۱۰	۹۰ - ۳۲۰	۳۰۰
۱۰۰	۱۰	۱۲۰ - ۴۲۰	۳۵۰

- ایکس و گاما
- تابش ایکس
- دستگاه‌های ایکس
- چشمه‌های گاما
- پرتونگاری با دوربین
- مدل‌های دوربین‌ها
- مقایسه‌ی γ و X
- جمع‌بندی

چرا پرتو گاما؟

- عمق نفوذ پرتوهای گاما از عمق نفوذ پرتوهای ایکس معمول در پرتونگاری بیش تر است.
- دوربین‌های پرتونگاری راحت تر از مولدهای ایکس جابه جا می شوند.
- تصویربرداری از محل‌هایی که دسترسی دشواری دارند با دوربین‌های پرتونگاری نسبت به مولدهای ایکس آسان تر است.
- دوربین‌های پرتونگاری به برق و خنک کننده نیازی

ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های
ایکس

چشمه‌های
گاما

پرتونگاری
با دوربین

مدل‌های
دوربین‌ها

مقایسه‌ی
 γ و x

جمع بندی

معایب پرتونگاری گاما در مقایسه با ایکس

- کیفیت تصویرهای حاصل از پرتو گاما، معمولاً، از کیفیت تصویرهای حاصل از پرتو ایکس پایین‌تر است.

- کار با دوربین‌های پرتونگاری در مقایسه با مولدهای ایکس به تمهیدات حفاظتی بیشتری نیاز دارد.

ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های
ایکس

چشمه‌های
گاما

پرتونگاری
با دوربین

مدل‌های
دوربین‌ها

مقایسه‌ی
X و γ

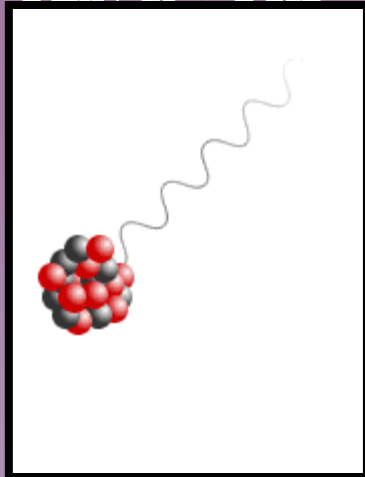
جمع‌بندی

مواد پرتوزا

• عناصر پرتوزایی هستند که خودبه خود پرتو گاما از آنها گسیل می شود.

– یک مادهی پرتوزا مدام در حال تابش است.

– مادهی پرتوزا پس از پرتوزایی به مادهای دیگر تبدیل می شود که دیگر پرتوزا نباشد.



برگرفته از <https://en.wikipedia.org>

- ایکس و گاما
- تابش ایکس
- دستگاه های ایکس
- چشمه های گاما
- پرتونگاری با دوربین
- مدل های دوربین ها
- مقایسه ی x و γ
- جمع بندی

چشمه‌های گامای پرتونگاری

- چشمه‌ی پرتونگاری یک ماده‌ی گاماگسیل است که درون کیسولی فولادی قرار دارد.



ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های
ایکس

چشمه‌های
گاما

پرتونگاری
با دوربین

مدل‌های
دوربین‌ها

مقایسه‌ی
X و γ

جمع‌بندی

نکته‌ی حفاظتی



هیچوقت به این چشمه دست نزنید!



چشمه‌های رایج برای پرتونگاری

ایکس و گاما
تابش ایکس
دستگاه‌های ایکس
چشمه‌های گاما
پرتونگاری با دوربین
مدل‌های دوربین‌ها
مقایسه‌ی X و γ
جمع‌بندی



سلنیم (۷۵)



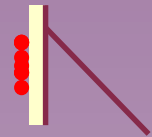
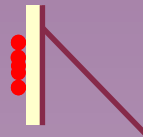
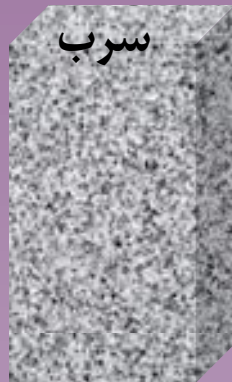
ایریدیم
(۱۹۲)



کبالت (۶۰)

مشخصه‌های چشمه‌ها

- چشمه‌ی پرتونگاری بر اساس مشخصات (جنس و ضخامت) قطعه‌ی تحت آزمون برگزیده می‌شود
– برای قطعات ضخیم یا با چگالی بالا، انرژی فوتون‌ها و یا تعداد فوتون‌ها باید بیش‌تر شود.



ایکس و گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های ایکس

چشمه‌های گاما

پرتونگاری با دوربین

مدل‌های دوربین‌ها

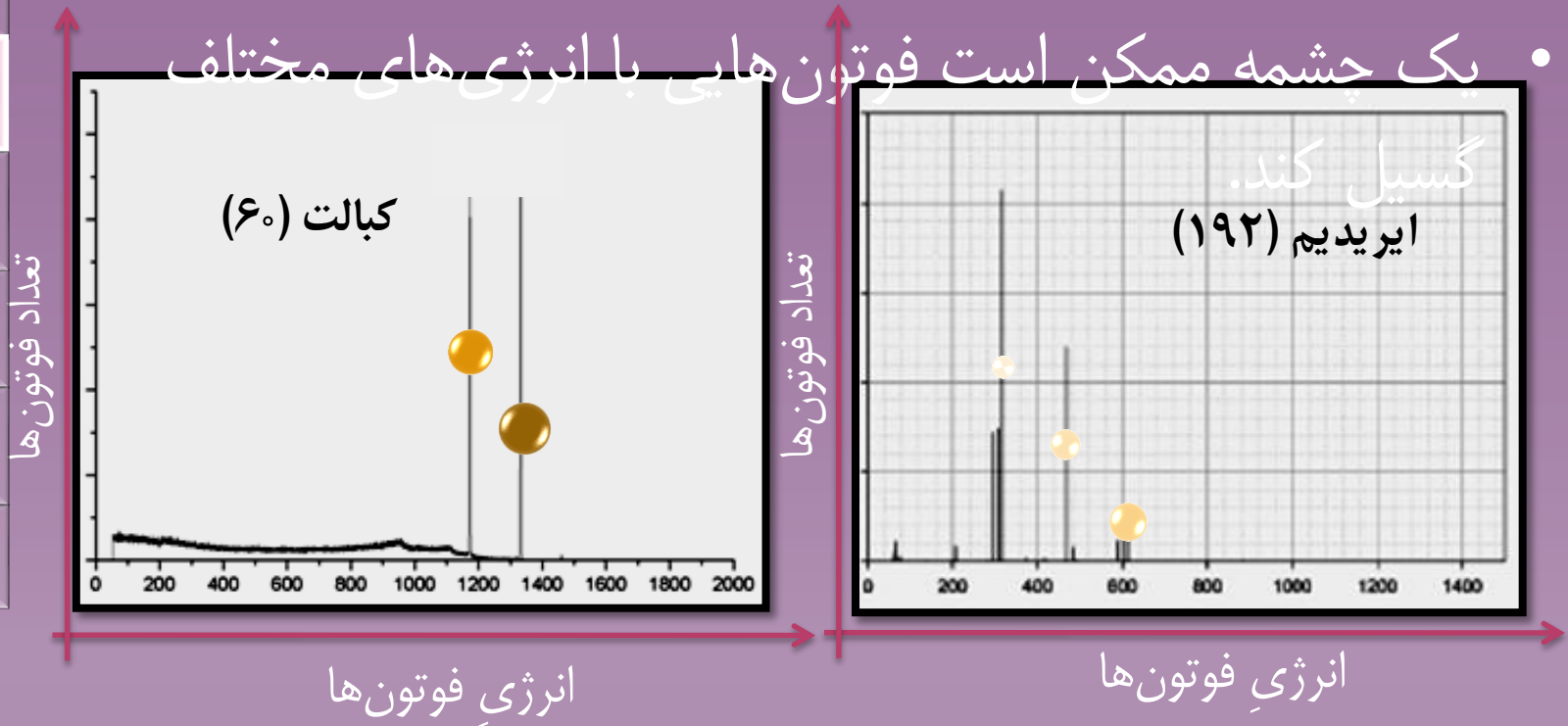
مقایسه‌ی X و γ

جمع‌بندی

انرژی فوتون‌ها

- انرژی فوتون‌های تابش گاما تنها به جنس چشمه بستگی دارد.

- یک چشمه ممکن است فوتون‌هایی با انرژی‌های مختلف



- ایکس و گاما
- تابش ایکس
- دستگاه‌های ایکس
- چشمه‌های گاما
- پرتونگاری با دوربین
- مدل‌های دوربین‌ها
- مقایسه‌ی γ و x
- جمع‌بندی

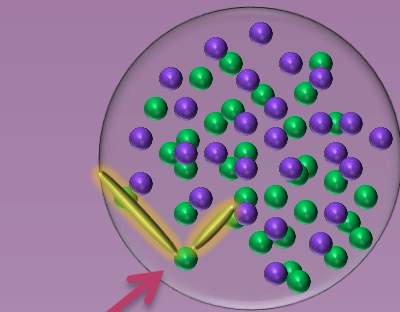
اکتیویته‌ی یک چشمه

- تعداد فوتون‌های گامای گسیلی از یک چشمه به شمار واپاشی‌هایی بستگی دارد که در یک زمان مشخص (مثلاً یک ثانیه) رخ می‌دهد.

اکتیویته (فعالیت یا پرتوزایی) کمیتی است برای سنجش مقدار مواد پرتوزا؛ و تعداد واپاشی‌هایی را که در یک مقدار ماده رخ می‌دهد بیان می‌کند.

یک بکرل (Bq) = یک واپاشی در ثانیه

یک کوری (Ci) = $\frac{3}{7} \times 10^{10}$ بکرل



واپاشی یک اتم
کبالت ۶۰

ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های
ایکس

چشمه‌های
گاما

پرتونگاری
با دوربین

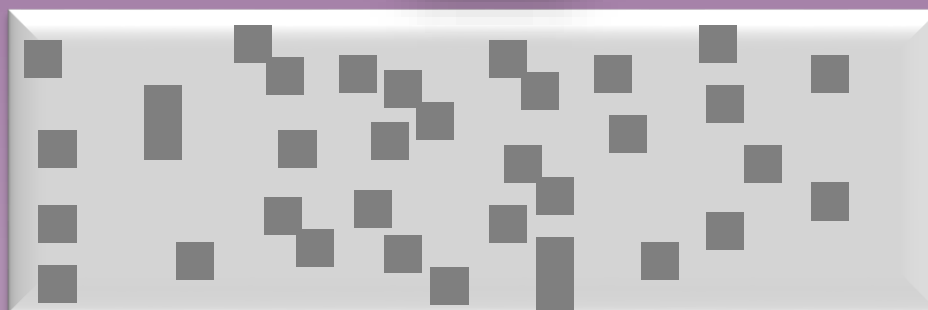
مدل‌های
دوربین‌ها

مقایسه‌ی
X و γ

جمع‌بندی

تغییر اکتیویته با زمان

- هر چه زمان می‌گذرد، از مقدار ماده‌ی پرتوزای اولیه (مادر) می‌شود و به مقدار ماده‌ی جدید (دختر) اضافه می‌شود.



کبالت ۶۰ ■

نیکل ۶۰ ■

ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های
ایکس

چشمه‌های
گاما

پرتونگاری
با دوربین

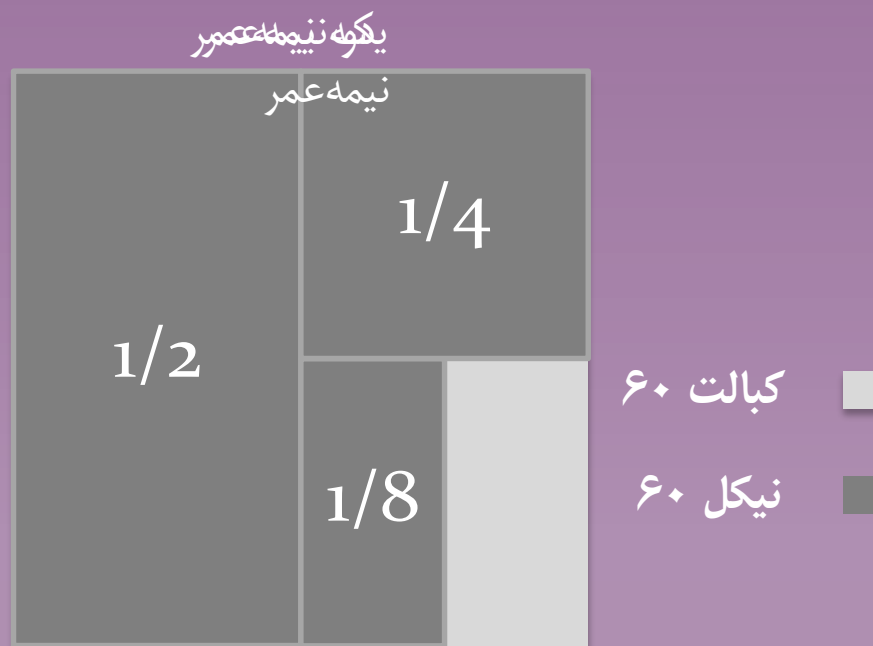
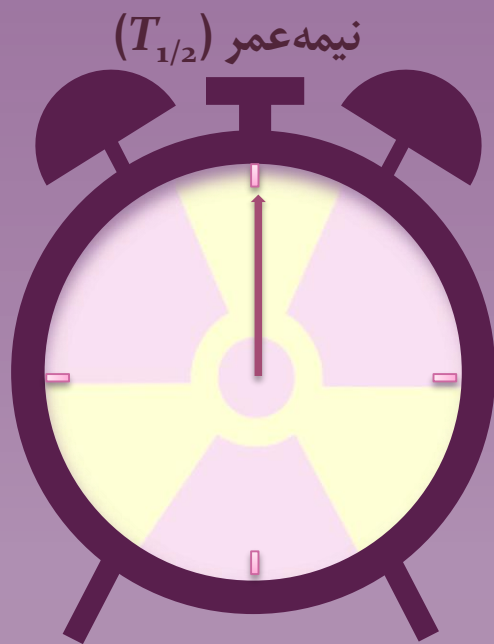
مدل‌های
دوربین‌ها

مقایسه‌ی
X و γ

جمع‌بندی

نیمه عمر یک مادهی پرتوزا

- مدت زمانی که طول می کشد تا نیمی از یک مادهی پرتوزا واپاشد و به مادهای دیگر تبدیل شود **نیمه عمر** آن مادهی پرتوزا نام دارد.



ایکس و گاما
تابش ایکس
دستگاه های ایکس
چشمه های گاما
پرتونگاری با دوربین
مدل های دوربین ها
مقایسه ی γ و x
جمع بندی

آهنگِ واپاشیِ ماده‌ی پرتوزا

- سرعت واپاشیِ یک ماده‌ی پرتوزا را چه گونه می‌سنجند؟

- سرعت واپاشی را با کمیّتی به نام آهنگِ واپاشی بیان می‌کنند.

- **آهنگِ واپاشی** یعنی تعداد واپاشی‌ها در یک زمان مشخص (مثلاً در یک ثانیه، یک ساعت، یک روز، یا ...).

- هرچه نیمه‌عمر بیش‌تر باشد، سرعت واپاشی کم‌تر

ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های
ایکس

چشمه‌های
گاما

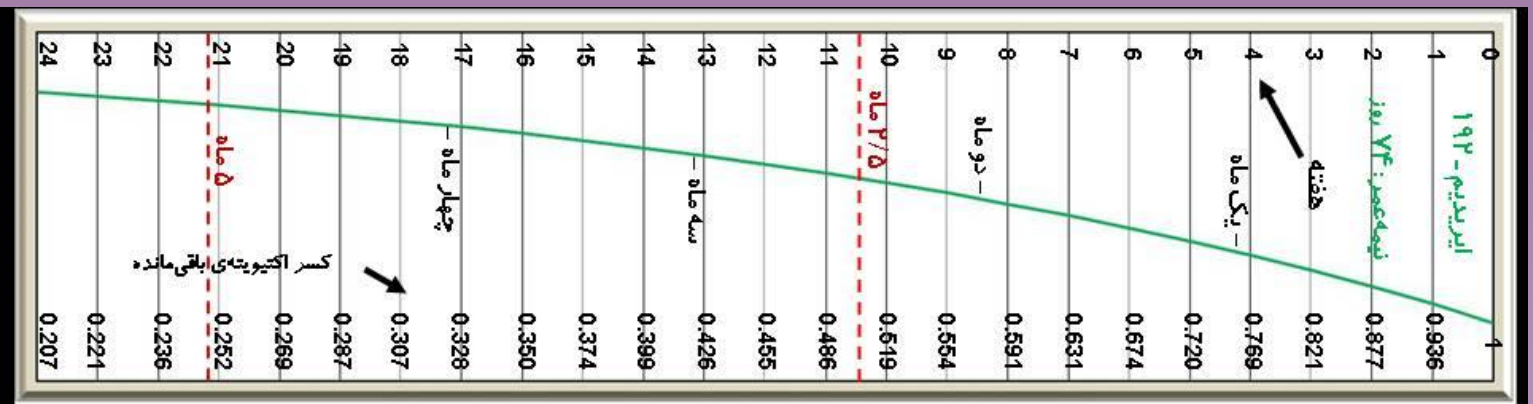
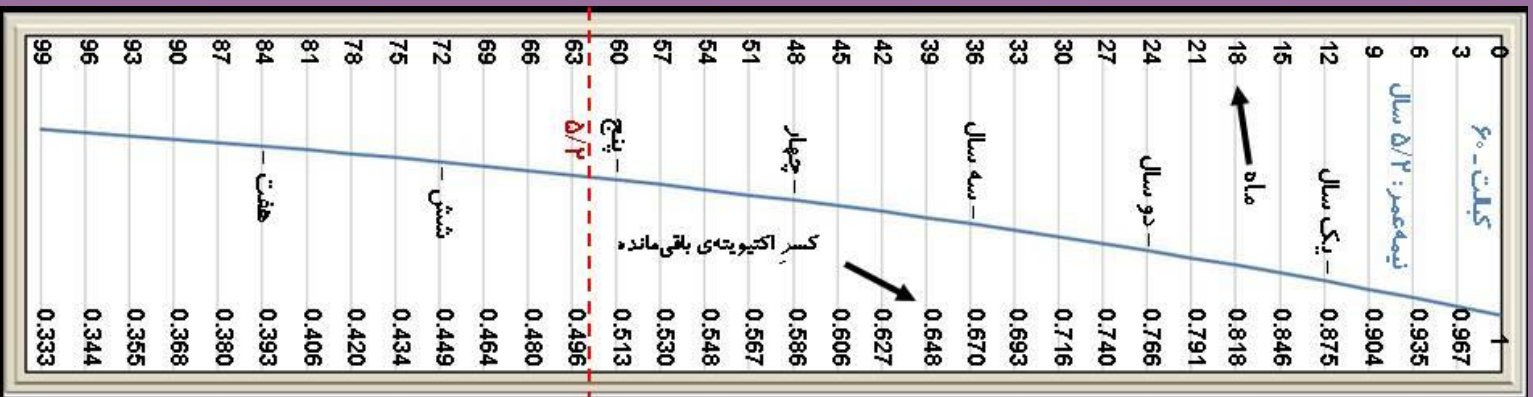
پرتونگاری
با دوربین

مدل‌های
دوربین‌ها

مقایسه‌ی
X و γ

جمع‌بندی

مثال



ایکس و گاما

تابش ایکس

دستگاه های ایکس

چشمه های گاما

پرتونگاری با دوربین

مدل های دوربین ها

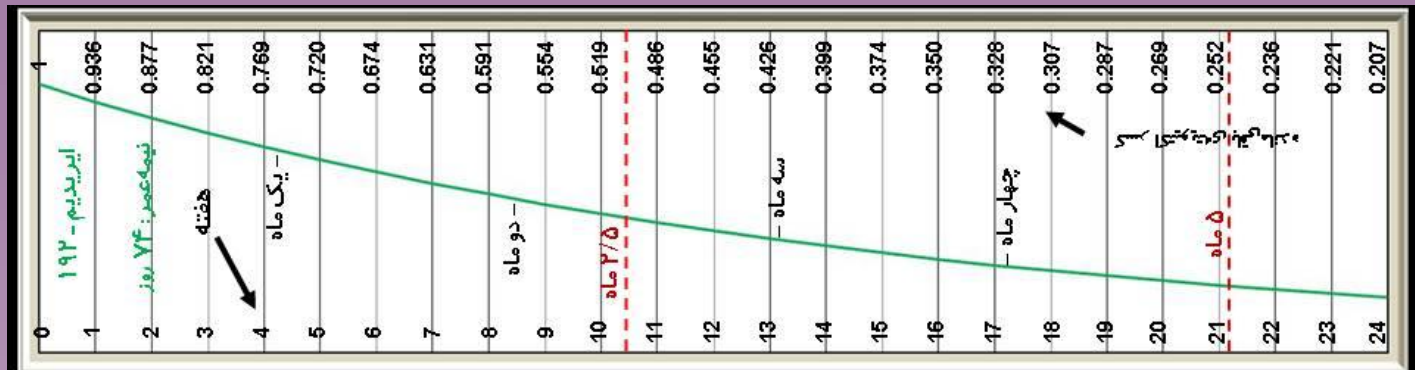
مقایسه ی x و y

جمع بندی

مثال (ادامه)

- برای نمونه، اکتیویته‌ی یک چشمه‌ی ایریدیوم-۷۰ کوری بعد از ۹ هفته برابر می‌شود با.....؟

$$0.307 \text{ Ci} = 0.70 \times 0.438 \text{ Ci}$$



ایکس و گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های ایکس

چشمه‌های گاما

پرتونگاری با دوربین

مدل‌های دوربین‌ها

مقایسه‌ی x و gamma

جمع‌بندی

تجهيزات لازم برای پرتونگاری

- چشمه‌ی پرتوزا برخلاف دستگاهِ ایکس مدام در حال تابش است؛ بنابراین باید درون محفظه‌ای نگهداری و حمل شود.
- برای استفاده از تابش گامای چشمه‌های پرتوزا، چشمه باید موقتاً از محفظه خارج شود، به محل پرتودهی برسد، و سپس به جای خود درون محفظه بازگردانده شود.
- مجموعه‌ی این عملیات توسط **دوربین پرتونگاری** و

ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های
ایکس

چشمه‌های
گاما

پرتونگاری
با دوربین

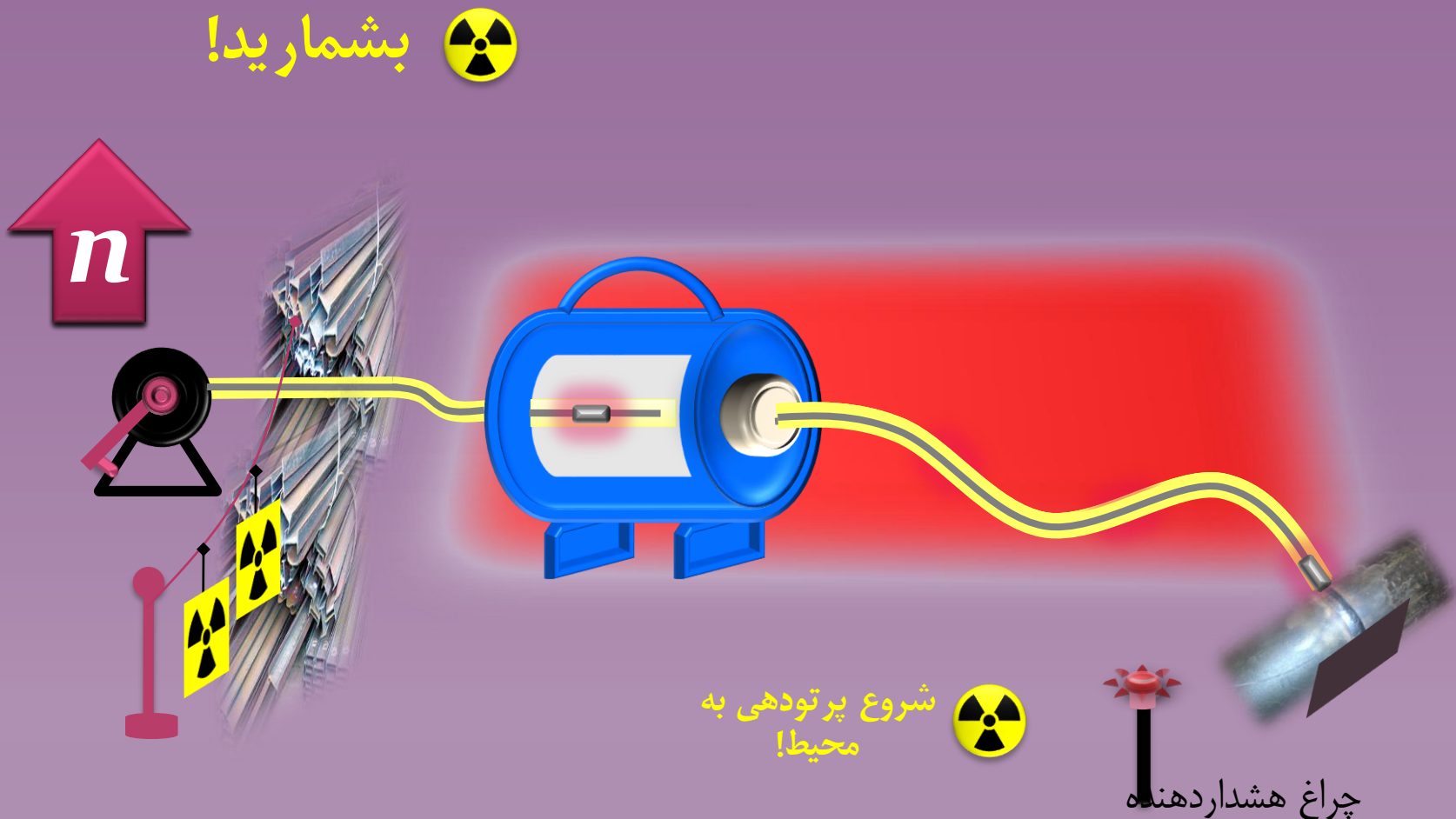
مدل‌های
دوربین‌ها

مقایسه‌ی
X و Y

جمع‌بندی

تجهیزات لازم برای پرتونگاری (ادامه)

ایکس و گاما
تابش ایکس
دستگاه‌های ایکس
چشمه‌های گاما
پرتونگاری با دوربین
مدل‌های دوربین‌ها
مقایسه‌ی γ و x
جمع‌بندی



دوربین پرتونگاری

- دوربین پرتونگاری وسیله‌ای است برای نگه‌داری و حمل و نقل چشمه‌های پرتونگاری.
- دوربین باید از موادی ساخته شود که پرتوهای گاما را به شدت تضعیف کنند.
- این مواد (اورانیوم) معمولن سنگین هستند؛ به همین دلیل دوربین‌ها وزنشان زیاد است.
- هر نوع دوربین را می‌توان تنها با چشمه‌های خاصی بارگذاری کرد.

ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های
ایکس

چشمه‌های
گاما

پرتونگاری
با دوربین

مدل‌های
دوربین‌ها

مقایسه‌ی
X و γ

جمع‌بندی

دوربین پرتونگاری: انواع

- دوربین‌های ثابت
- دوربین‌های متحرک
- دوربین‌های دستی

ایکس و گاما
تابش ایکس
دستگاه‌های ایکس
چشمه‌های گاما
پرتونگاری با دوربین
مدل‌های دوربین‌ها
مقایسه‌ی γ و x
جمع‌بندی

دوربین‌های ثابت

- دوربین‌های ثابت معمولاً حاوی کبالت - ۶۰ با اکتیویته‌ی خیلی بالا هستند.



ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های
ایکس

چشمه‌های
گاما

پرتونگاری
با دوربین

مدل‌های
دوربین‌ها

مقایسه‌ی
γ و X

جمع‌بندی

دوربین‌های متحرک

- دوربین‌های متحرک معمولاً حاوی کبالت - ۶۰ با اکتیویتهی بالا هستند.



دوربین متحرک درون یک لوله

ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های
ایکس

چشمه‌های
گاما

پرتونگاری
با دوربین

مدل‌های
دوربین‌ها

مقایسه‌ی
X و Y

جمع‌بندی

دوربین‌های دستی

- این دوربین

- می‌تواند توسط یک نفر حمل شود (کمتر از ۵۰ کیلوگرم)،
- معمولاً حاوی ایریدیم - ۱۹۲ یا سلنیم - ۷۵ است، و
- استفاده از آن‌ها بسیار رایج است.

- در حال حاضر حدود شش صد دوربین در ایران



ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های
ایکس

چشمه‌های
گاما

پرتونگاری
با دوربین

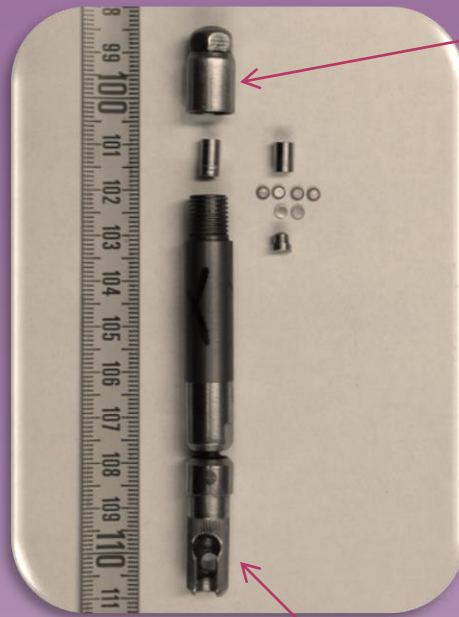
مدل‌های
دوربین‌ها

مقایسه‌ی
γ و X

جمع‌بندی

نگهدارنده‌ی چشمه

- چشمه توسط نگهدارنده‌ای درون دوربین قرار داده می‌شود.



محل نگهداری



محل اتصال به فنر

هدایت‌کننده

ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های
ایکس

چشمه‌های
گاما

پرتونگاری
با دوربین

مدل‌های
دوربین‌ها

مقایسه‌ی
X و Y

جمع‌بندی

دوربین پرتونگاری: مدل گامامت

ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های
ایکس

چشمه‌های
گاما

پرتونگاری
با دوربین

مدل‌های
دوربین‌ها

مقایسه‌ی
γ و X

جمع‌بندی

• مدل Tsi-5

– وزن: ۲۲ kg

– ظرفیت: ۱۳۵ Ci ایریدیم
۱۹۲



• مدل SE

– وزن: ۷/۲ kg

– ظرفیت: ۱۲۰ Ci سلنیم - ۷۵



• تجهیزاتِ حفاظتیِ این نوع دوربین

دوربین پرتونگاری: مدل تکاپس

• مدل ۶۶۰

– وزن: ۲۴ kg

– ظرفیت: ۱۲۰ Ci ایریدیم -
۱۹۲

• تجهیزات حفاظتی این نوع
دوربین



ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های
ایکس

چشمه‌های
گاما

پرتونگاری
با دوربین

مدل‌های
دوربین‌ها

مقایسه‌ی
γ و X

جمع‌بندی

دوربین پرتونگاری: مدل سنتینل

• تجهیزات حفاظتی این نوع دوربین

DELTA
150 Ci

The lightest 150 Ci device currently available

ELITE
50 Ci

Ideal for use with low-energy isotopes and lower activity Ir-192 sources

OMEGA
15 Ci

Designed to minimize weight and maximize offshore capability with Ir-192 and Se-75



ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه‌های
ایکس

چشمه‌های
گاما

پرتونگاری
با دوربین

مدل‌های
دوربین‌ها

مقایسه‌ی
γ و x

جمع‌بندی

مقایسه‌ی منابع ایکس با منابع گاما

ایکس و گاما
تابش ایکس
دستگاه‌های ایکس
چشمه‌های گاما
پرتونگاری با دوربین
مدل‌های دوربین‌ها
مقایسه‌ی X و γ
جمع‌بندی

ویژگی	مولد ایکس	دوربین گاما
قیمت	بیش‌تر	کم‌تر
قابلیت حمل	کم	زیاد
انعطاف‌پذیری در انجام پرتونگاری	کم	زیاد
منبع تأمین انرژی	نیاز دارد	نیاز ندارد
قابلیت نفوذ پرتو	کم	زیاد
کنترل پرتوگیری	قابل کنترل	غیرقابل کنترل
کیفیت تصویر	خوب	ضعیف
قدرت نفوذ	قابل تغییر	غیرقابل تغییر
ضخامت نمونه‌ی تحت آزمون	کم	زیاد

جمع بندی

- در پرتونگاریِ صنعتی، برای یافتن معایب موجود در اجسامِ تیره از پرتوهای ایکس و گاما استفاه می شود.
- پرتوهای ایکس توسط دستگاه مولد ایکس تولید می شوند.
- پرتوهای گاما توسط چشمه های پرتوزایی که درون دوربین ها هستند تولید می شوند.
- چشمه های پرتوزا، برخلاف دستگاه های ایکس

ایکس و
گاما

تابش ایکس

دستگاه های
ایکس

چشمه های
گاما

پرتونگاری
با دوربین

مدل های
دوربین ها

مقایسه ی
γ و X

جمع بندی

