



دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی گیلان

مستند



دانشگاه علوم پزشکی دزفول

معاونت آموزشی
مرکز مطالعات و توسعه آموزش پزشکی (EDC)



دکتر سارا
کرد
تخصصی آموزش پرستاری

استادیار دانشگاه علوم پزشکی
دزفول

به نام خدا

اثر پرتوهای یونیزان بر سیستم های بیولوژیکی

یادگیرنده بعد از این دوره قادر خواهد بود :

- با انواع و خصوصیات پرتوهای یونساز آشنا گردد
- با اثرات مستقیم و غیر مستقیم پرتو آشنا گردد.
- انواع اثرات بیولوژیکی پرتو بر روی سلول را شرح دهد.
- عوامل موثر در آثار پرتویی بر سلول را نام ببرد.





انواع و خصوصیات پرتوهای یون ساز

- دو گروه اصلی پرتو های یون ساز:
 - ❖ پرتو های الکترو مغناطیس: ایکس و گاما
 - ❖ پرتو های ذره ای: الکترون، پروتون ، آلفا، نوترون
- ماده ای که تحت تابش پرتو یون ساز قرار می گیرد یونیزه می شود.
- جذب انرژی و یونیزاسون در ماده یک اثر کاملاً فیزیکی است که منجر به بروز آثار بیولوژیک در بافت زنده خواهد شد.
- مقدار انرژی جذب شده در واحد جرم ماده را دوز جذب شده می‌نامند و با واحد گری بیان می‌کنند.



دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی گیلان

انواع و خصوصیات پرتوهای یون ساز

- کمیت انتقال خطی انرژی LET می تواند. LET مقدار انرژی انتقال یافته به محیط مادی در واحد طول مسیر پرتو می باشد.
- پرتوهای ذره ای انرژی خود را به صورت متمرکز و در فاصله کوتاهی کاملاً مبادله نموده و متوقف شوند.
- کمیت انتقال خطی انرژی LET: مقدار انرژی انتقال یافته به محیط مادی در واحد طول مسیر پرتو می باشد
- پرتوهای ایکس ، گاما و الکترون LET پایین دارند در حالی که پرتوهای ذره ای چون پروتون، نوترون، آلفا و یونهای سنگین انرژی خود را به صورت متمرکز در اطراف نقطه برخورد آزاد نموده و بنابراین LET بالا دارند.

اثرات پرتوهای یونساز

➤ نحوه تاثیر پرتو های یونساز بر روی بدن به دودسته تقسیم بندی می شود:

❖ **اثر مستقیم یا فیزیکی پرتوها:** در این حالت انرژی پرتو مستقیماً به مولکول های بیولوژیکی منتقل می شود.

❖ **اثر غیر مستقیم یا شیمیایی پرتو:** در این حالت انرژی پرتو در ابتدا جذب یک مولکول شده و ایجاد رادیکال آزاد و ذرات فعال نموده که این رادیکال آزاد با مولکول بیولوژیکی برخورد کرده و موجب آسیب های بیولوژیکی می شود



دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی گیلان

اثر غیر مستقیم یا شیمیایی پرتو

➤ در برخورد غیر مستقیم، رادیکال هلی آزاد سبب تغییر ساختار مولکول DNA می شوند.

➤ رادیکال آزاد اتم یا ترکیبی از چند اتم است که بدلیل داشتن یک الکترون جفت نشده میل زیادی به ترکیب دارد.

➤ چون 70% وزن بدن و 80% مولکول های بدن انسان از آب تشکیل شده است. انتظار می رود بیشتر رادیکال های آزاد محصول یونیزاسیون مولکول های آب باشد این فرآیند شیمیایی را رادیولیز آب می گویند.



رادیولیز آب

➤ حاصل برخورد پرتو با مولکول آب شامل مولکول آب یک بار یونیده و یک الکترون است.



➤ پس از تشکیل این یون ها ممکن است چندین واکنش رخ دهد:

1. ممکن است H_2O^+ با الکترون ترکیب شده و مولکول پایدار آب را تشکیل دهد در این صورت آسیب بیولوژیکی رخ نخواهد داد.

2. ممکن است الکترون به مولکول آب دیگری بپیوندد و مولکول آبی با بار منفی تولید نماید. مولکول های مثبت و منفی ناپایدارند و می تواند به مولکول های دیگری بشکنند





اثر غیر مستقیم یا شیمیایی پرتو

➤ وجود رادیکال های آزاد هیدروژن بسیار مهم و قابل توجه است. آن ها انرژی اضافی دارند و می توانند در اثر برخورد با مولکول های دیگر پیوند های شیمیایی آن ها را بشکنند و واکنش های شیمیایی نا مطلوب را ایجاد نمایند.

➤ رادیکال های هیدروژن و هیدروکسیل تنها محصولات رادیولیز آب نیستند بلکه دو رادیکال هیدروکسیل می توانند با یکدیگر ترکیب شده پراکسید هیدروژن را که ماده ای سمی است را تولید نمایند.





دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی گیلان

اثر غیر مستقیم یا شیمیایی پرتو

➤ همچنین رادیکال هیدروپروکسید ($\text{H}_2\text{O}^\bullet$) در اثر ترکیب رادیکال آزاد هیدروژن ($\text{H}^\bullet$) و مولکول اکسیژن (O_2) تشکیل می شود.

➤ رادیکال هیدروپروکسید نیز مانند پراکسید هیدروژن سمی است و موجب آسیب های بیولوژیک می شود .

➤ رادیکال های آزاد هم به طور مستقیم و هم از طریق مواد سمی ایجاد شده بر DNA اثر دارند .



اثر غیر مستقیم یا شیمیایی پرتو

➤ برخورد غیر مستقیم پرتو با یک **بافت زنده** می تواند موجب تشکیل رادیکال های آزاد از یک مولکول **طبیعی ارگانیکی** نیز بشود. برای سادگی این مولکول را با RH نمایش می دهیم.

➤ در این صورت رادیکال های آزاد تشکیل شده عبارتند از R^0 و H^0 .

➤ اگر اکسیژن در محیط وجود نداشته باشد این رادیکال ها دوباره با یکدیگر ترکیب شده و مولکول اولیه را به وجود می آورند (RH)

➤ ولی حضور اکسیژن سبب ترکیب آن با این رادیکال ها شده و رادیکال های RO_2 و H_2O تولید می گردند.



دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی گیلان

اثر پرتوهای یون سازبر DNA

➤ جذب پرتو باعث شکسته شدن پیوند فسفات – قند در یک یا دو رشته های نردبان DNA می شود

❖ شکست تک رشته ای: شکست در یک رشته DNA: احتمال ترمیم این شکستگی توسط آنزیم ها وجود دارد .

❖ شکست دو رشته ای: شکست در هر دو رشته DNA . که در این صورت احتمال ترمیم کاهش می یابد. شکستگی دوگانه بیشتر در اثر برخورد پرتو یون ساز با LET بالا رخ می دهد .



دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران

اثر پرتوهای یون ساز بر DNA

➤ گاهی برخورد پرتو سبب از بین رفتن و یا تغییر شکل بازهای آلی مولکول DNA می شود.

➤ چون اطلاعات ژنتیکی به ترتیب قرار گرفتن بازهای آلی مربوط است ، تغییر یکی از آن ها موجب جهش (موتاسیون) می شود که ممکن است برگشت ناپذیر باشد و آسیب های بعدی سلولی را ایجاد کند.

➤ این امر وقتی اهمیت بیشتری پیدا می کند که سلول زنده بماند و اطلاعات ژنتیکی تغییر یافته را به سلول های بعدی نیز منتقل کند



دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی گیلان

اثر پرتوهای یون ساز بر DNA

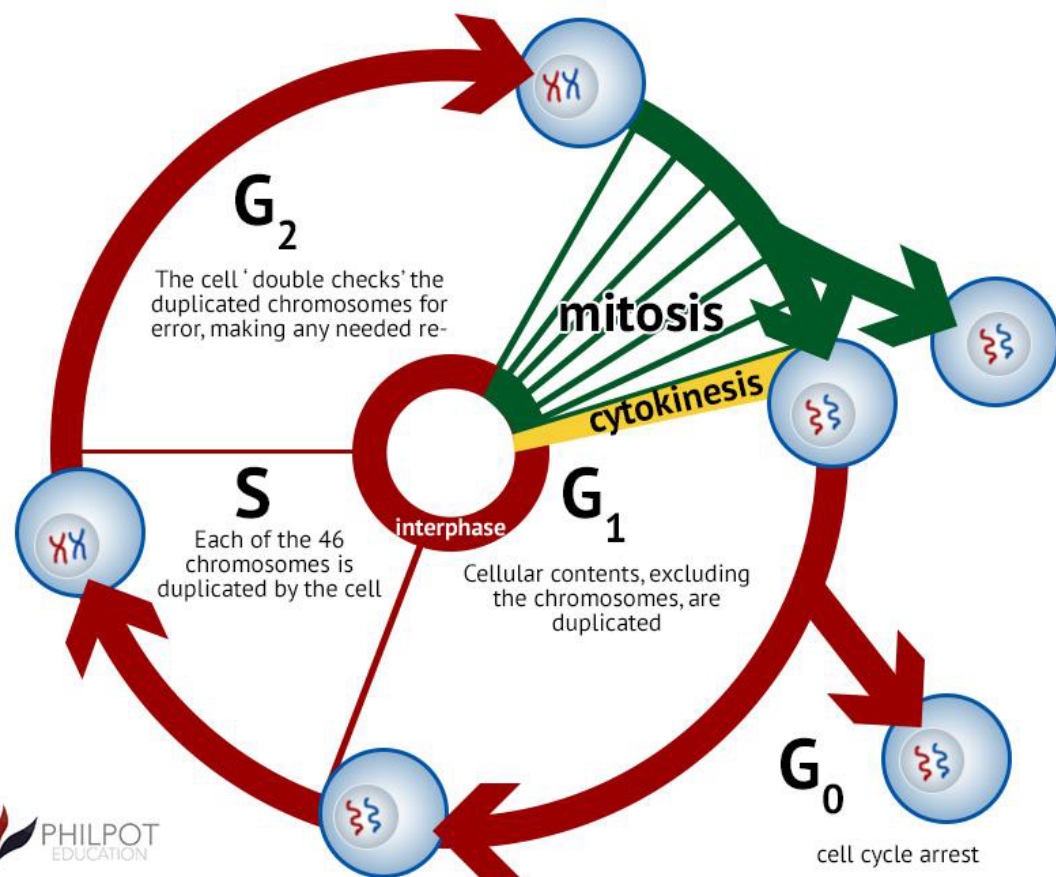
➤ یکی دیگر از آثار پرتو یون ساز ایجاد **اتصالات کووالانسی اضافی** در **یک مولکول** یا در میان **دو** مولکول **DNA** است.

➤ حتی امکان اتصال میان مولکول DNA و یک **مولکول پروتئین** نیز وجود دارد که همه این آثار موجب مرگ سلول می شوند.



دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران

اثر پرتو بر روی کروموزوم



➤ اگر سلول ها در مرحله ابتدایی اینترفاز یعنی قبل از اینکه DNA دوبرابر شود تحت تابش قرار گیرند. به آنها **شکست کروموزومی** می گویند.

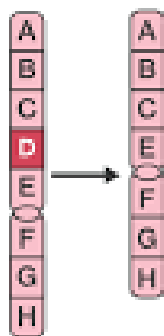
➤ اگر سلول بعد از مرحله همانند سازی تحت تابش قرار گیرد شکست های حاصله **شکست های کروماتیدی** نامیده می شوند.



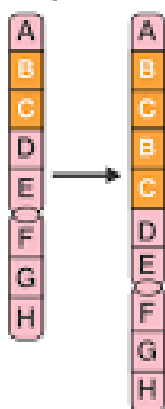
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران

اثر پرتو بر روی کروموزوم

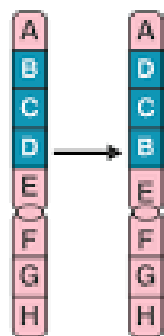
Deletion



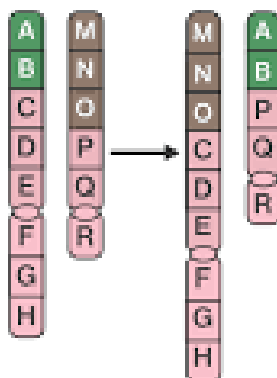
Duplication



Inversion



Reciprocal Translocation



1. **وارونگی:** ممکن است شکستگی به شکل وارونه به محل قبلی خود متصل شود.

2. **دوپلیکاسیون:** ممکن است شکستگی یک کروموزوم به کروموزوم سالم دیگری متصل شود.

3. **جابجایی عرضی:** ممکن است انتهای شکسته یک کروموزوم به انتهای شکسته کروموزوم دیگر متصل شده بطوریکه شکل **ظاهری آن طبیعی**، ولی **محتوای ژنتیکی** آن بهم ریخته است.



دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی دزفول

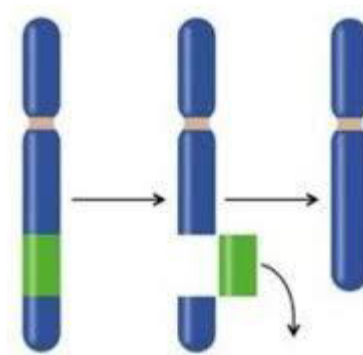
اثر پرتو بر روی کروموزوم

➤ انتهای کروموزوم شکسته شده در اثر پارگی DNA ، به هرناحیه ای می تواند بچسبد و در این صورت چندین حالت ممکن است بوجود آید:

1. تکه های پاره کروموزوم مجدداً به محل اصلی خود اتصال یابند و شکل اولیه خود را باز یابند در این صورت اطلاعات ژنتیک تغییر نخواهند کرد.

2. حذف: ممکن است شکستگی ها به هم متصل نشوند و بصورت شکست کروموزم در **میتوز** حذف گردند.

DELETION





اثر پرتوهای یون ساز بر سلول

➤ آسیب وارده به **هسته سلول** بسته به **میزان دوز جذب شده**، به اشکال مختلفی بروز می نماید:

1. **مرگ لحظه ای**: مرگ لحظه ای سلول ها وقتی اتفاق می افتد که بافت زنده در یک فاصله زمانی چند ثانیه ای دوزی در حدود 1000 گری، جذب نماید.

➤ چنین دوز زیادی **سبب شکسته شدن مولکول های DNA**، کوآگولاسیون پروتئین ها و در نتیجه تغییر شکل سلول و ساختارهای درون آن می شود.

➤ این دوز بسیار بیشتر از دوزی است که در آزمایشات پرتو شناسی تشخیص و حتی در روش های درمانی مورد استفاده قرار می گیرد.



دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی دزفول

اثر پرتوهای یون ساز بر سلول

➤ آسیب وارده به هسته سلول بسته به میزان دوز جذب شده ، به اشکال مختلفی بروز می نماید:

2. **مرگ تکثیری** : در این مرگ سلول ها قابلیت باز تولید نامحدود خود را از دست می دهند. این مرگ در نتیجه تابش سلول ها با یک دوز میانه ، **در حدود 1 تا 10 گری** اتفاق می افتد.

3- **مرگ میتوزی** : مرگ میتوزی وقتی اتفاق می افتد که سلول قبل از مرگ قادر باشد **چند بار تقسیم** شود و سپس بمیرد . حتی **دوزهای کم تابش نیز** می توانند سبب چنین مرگی شوند.

اثر پرتوهای یون ساز بر سلول

➤ آسیب وارده به هسته سلول بسته به میزان دوز جذب شده ، به اشکال مختلفی بروز می نماید:

4. **تاخیر میتوزی** : دوزی به کوچکی 0.01 گری قبل از شروع تقسیم سلول می تواند باعث تاخیر میتوزی شود.

➤ سلول برای شروع تقسیم دچار اختلال شده ، پس از مدتی تاخیر به وضعیت طبیعی باز می گردد.



اثر پرتوهای یون ساز بر سلول

➤ آسیب وارده به هسته سلول بسته به میزان دوز جذب شده ، به اشکال مختلفی بروز می نماید:

5. **تداخل عملکرد:** تداخل عملکرد سلول (به صورت گذرا یا دائمی) مستقل از **قابلیت تقسیم سلول** می تواند پس از پرتو گیری روی دهد.

6. **شکست کروموزومی :** پرتو سبب شکست یک، یا دو رشته آن شده و نیز موجب شکست کروموزوم می شود. اگر این تغییرات موجب **مرگ** سلول نشوند ، **تغییرات ژنتیکی** نسل های بعدی سلول را سبب خواهد شد.



عوامل موثر در آثار پرتوی بر سلول

1. **دوز جذب شده** : هر چه انرژی جذب شده بیشتر باشد، این اثر تشدید می گردد و آثار بیولوژیک پرتو نیز افزایش می یابد.

2. **نوع پرتو** : در دوزهای یکسان، پرتوهای با LET بالا در مقایسه با پرتوهایی که LET پایین دارند، اثر تخریبی بیشتری بر جای می گذارند. پس LET یا نوع پرتو نیز به عنوان یک عامل فیزیکی مؤثر در آثار پرتوی سلول مطرح می شود.

3. **آهنگ دوز** : چنانچه دوز معینی در مدت زمان کوتاهی جذب شود، آثار بیولوژیک آن بیش از زمانی است که همان دوز در زمان طولانی تری دریافت شود. علت این تفاوت، قابلیت ترمیم سلول هاست.



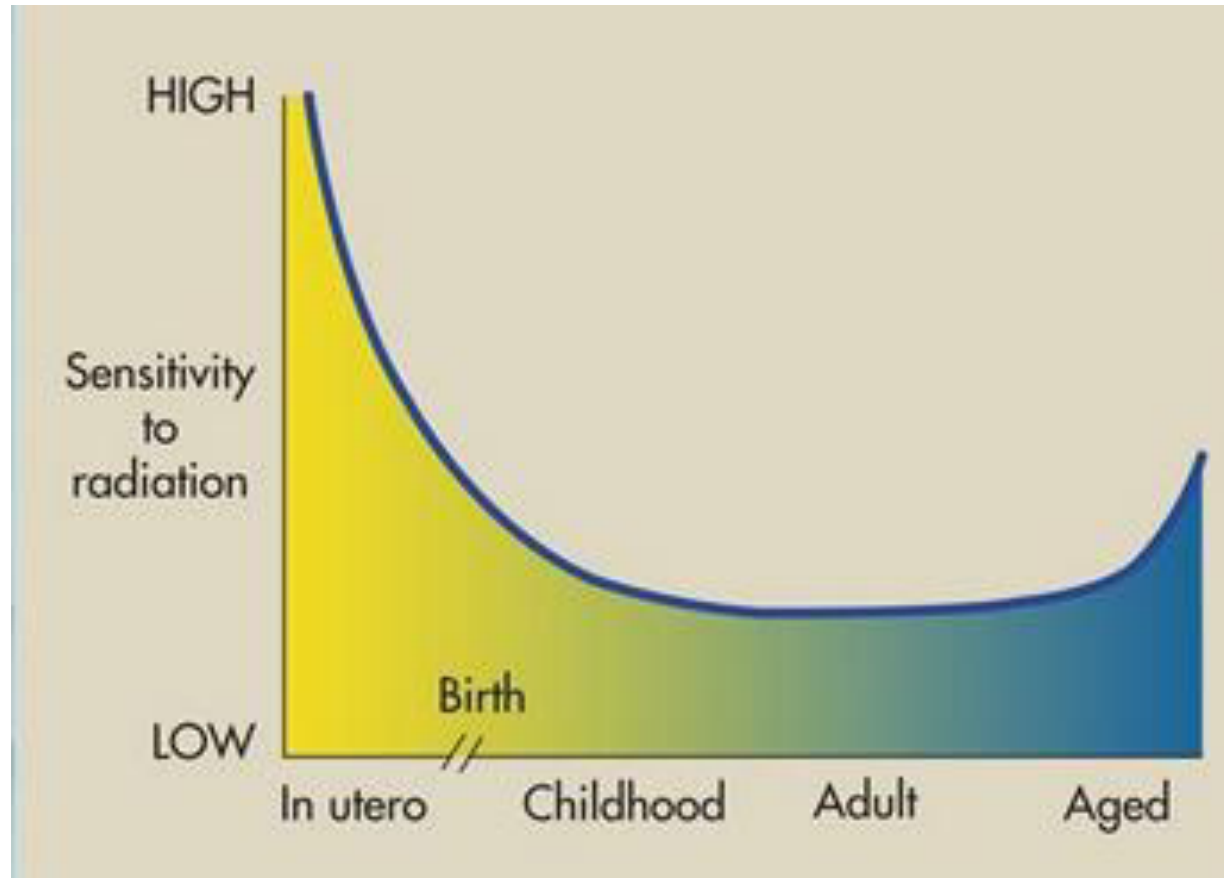
عوامل موثر در آثار پرتوی بر سلول

4. - **اثر اکسیژن:** وجود اکسیژن در محیط سلول؛ بهنگام تابش پرتویونساز در میزان حساسیت پرتوی سلول نقش اساسی دارد.

5. **درجه تمایز سلول: سلول** های نابالغ سرعت تکثیر بالایی دارند، در حالی که سلول های تمایز یافته یا اصلا تقسیم نمی شوند و یا اگر هم تقسیم شوند، سرعت تقسیمشان به نسبت خیلی کمتر است. سرعت تقسیم در حساسیت پرتوی سلول نقش اساسی دارد. سلول هایی که با سرعت بیشتری تقسیم می شوند نسبت به آسیب های پرتوی حساس ترند.

عوامل موثر در آثار پرتوی بر سلول

➤ سن





عوامل موثر در آثار پرتوی بر سلول

➤ سن

اکثر بافت های جنین در حال رشد؛ فعالیت **میتوزی** بالایی دارند. به همین دلیل جنین در مقابل پرتوگیری حساس است. به طور کلی می توان گفت سن موجود زنده در میزان حساسیت پرتوی سلول های آن مؤثر است. نوزاد تازه متولد شده در مقایسه با یک جنین حساسیت پرتوی کمتری دارد. در حالی که خود نسبت به کودک رشد یافته از حساسیت پرتوی بیشتری برخوردار است.

با افزایش سن؛ حساسیت پرتوی موجود زنده کاهش می یابد و در بزرگسالی به یک مقدار ثابت می رسد و مجدداً در سنین کهولت افزایش می یابد



دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی دزفول

آسیب های سوماتیک

➤ وقتی سلول سوماتیک یا بدنی موجود زنده تحت تاثیر تابش پرتوهای یونساز دچار آسیب شود را آسیب سوماتیک گویند.

➤ آسیب های سوماتیک به دو دسته **زودرس و دیررس** تقسیم بندی می شوند:

- ❖ اگر اثرات تابش در فاصله **زمانی کوتاهی** پس از پرتو گیری آشکار شود به آنها آثار زودرس میگویند.
- ❖ اگر پس از فاصله زمانی **نسبتا طولانی** آشکار شود به آنها آثار دیررس میگویند.



آسیب های سوماتیک

➤ آثار سوماتیک دیرس به دو گروه قطعی و غیر قطعی تقسیم می شوند.:

- **آثار سوماتیک دیرس قطعی** شامل آسیب هایی است که ماهها و سالها پس از پرتوگیری آشکار می شود. این آثار ممکن است در نتیجه تابش تمام یا قسمتی از بدن با دز بالا حاصل شود **کاتاراکت**، **نایاروری**، کاهش سلول های پارانسیم
- **آثار سوماتیک دیرس غیر قطعی**، آسیب هایی هستند که احتمال رخداد آنها وجود دارد ولی حتمی نیستند. شدت بروز آنها به مقدار وز تابشی وابسته نیست. ولی احتمال ایجاد آنها با **مقدار دز** متناسب است. **سرطان** از جمله این آسیب هاست

آسیب های ژنتیکی

➤ تغییر ساختار مولکولی DNA سبب تغییر اطلاعات ژنتیکی سلول می شود چنانچه این سلول یک سلول جنسی باشد. اطلاعات ژنتیکی تغییر یافته آن به نسل های بعدی منتقل می شود.

➤ جهش های ژنتیکی ناشی از پرتوهای یونساز از انواع **آثار دیرس و غیر قطعی** هستند. چون پس از گذشت زمان نسبتاً طولانی آشکار می شوند و ایجاد آنها یک امر اتفاقی است.