
بسم الله الرحمن الرحیم

دعای مطالعه

اَللهُمَ اَخرِجنی مِن ظُلُماتِ الوَهمِ وَاَکرِمنی بِنُورِ الفَهمِ
اَللهُمَ افتِح عَلَینا اَبوابَ رَحمتَکَ وَ انشُر عَلَینا خَزائِنِ عُلُومِکَ
بِرَحمَتِکَ یا اَرحَمَ الرّاحِمینَ

پروردگارا، خارج کن مرا از تاریکی‌های فکر و گرامی بدار به نور فهم

پروردگارا، بگشای بر مادرهای رحمتت را و بگستران گنج‌های دانشت را به امید رحمت

تو ای مهربان‌ترین مهربانان

بیایید به حقوق دیگران احترام بگذاریم

دوست عزیز، این کتاب حاصل دسترنج چندین ساله‌ی مؤلف، مترجم و ناشر آن است. تکثیر و فروش آن به هر شکلی بدون اجازه از پدیدآورنده کاری غیراخلاقی، غیرقانونی، غیرشرعی و کسب درآمد از دسترنج دیگران است، نتیجه‌ی این عمل نادرست، موجب رواج بی‌اعتمادی در جامعه و بروز پی‌آمدهای ناگوار در زندگی و محیط ناسالم برای خود و فرزندانمان می‌گردد.

کتاب جامع دکتر خلیلی

رادیوبیولوژی

(همراه با سوالات کنکور سال‌های گذشته و سوالات تألیفی)

ویژه‌ی:

کارشناسی:پرتوشناسی -رادیوتراپی- پزشکی هسته‌ای- فیزیک –

کارشناسی ارشد: فیزیک – رادیوبیولوژی –فیزیک پزشکی

دکتری: فیزیک پزشکی

مؤلف:

میلاد رضایی

☑ کتاب جامع دکتر خلیلی ☐ ماهر ☐ IQB ☐ میانبر ☐ IQB ۱۰ ساله

سرشناسنامه : رضایی ، میلاد، ۱۳۶۸-
عنوان و نام پدیدآور : رادیوبیولوژی (همراه با سوالات کنکور سال‌های گذشته و سوالات تالیفی) ویژه‌ی کارشناسی: پرتوشناسی، رادیوتراپی، پرشکی‌هسته‌ای، فیزیک کارشناسی‌ارشد: فیزیک ،رادیوبیولوژی، فیزیک پزشکی دکتری فیزیک‌پزشکی
مشخصات نشر : تهران: گروه تالیفی دکتر خلیلی، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری : ۲۷۷ص.: مصور، جدول، نمودار
شابک : 978-600-422-021-7
وضعیت فهرست نویسی : فیپای مختصر
یادداشت : فهرستنویسی کامل این اثر در نشانی: http://opac.nlai.ir قابل دسترسی است
یادداشت : بالای عنوان: کتاب جامع
شماره کتابشناسی ملی : ۴۰۴۰۶۱۹

نام کتاب: جامع رادیوبیولوژی (همراه با سوالات کنکور سال‌های گذشته و سوالات تألیفی)

مؤلف: میلاد رضایی

ناشر: گروه تألیفی دکتر خلیلی

نوبت و سال چاپ: اول . ۱۴۰۰

شمارگان: ۱۰۰۰

چاپ و صحافی: پاپیروس

مدیر تولید: اقبال شرقی

مدیر فنی و هنری: مریم آرده

بهاء: ۱۷۹۰۰۰ تومان

آموزشگاه دکتر خلیلی: ۶۶۵۶۸۶۲۱-۰۲۱

فروشگاه: تهران –خیابان انقلاب– روبه‌روی درب اصلی دانشگاه تهران –پاساژ فروزنده –طبقه همکف –پلاک ۳۳۱

تلفن: ۶۶۴۸۹۳۷۵ – ۰۲۱ – ۶۶۴۸۹۳۴۹ - ۰۲۱

مرکز پخش: ضلع جنوب غربی میدان انقلاب– جنب سینما پارس– مجتمع تجاری پارس – طبقه اول

مرکز فروش: ۶۶۵۶۹۲۱۶ – ۰۲۱

مدیر فروش: ۵۵۰۸۵۸۹ – ۰۹۱۲

www.DKG.ir **@drkhaliligroupbook**

drkhaliligroupbook **drkhaliligroup**

طلیعه سخن مؤلف:

تقدیم به مادرم که تمام لحظات ناب زندگی‌اش را صرف پرورش من کرد

و

تقدیم به همسرم نازنینم...

امروزه رشد روز افزون علم پزشکی در زمینه‌های مختلف تشخیصی و درمانی بر کسی پوشیده نمی‌باشد. یکی از معضلاتی که جهان امروز با آن درگیر می‌باشد بیماری سرطان است و با توجه به ارتباط تنگاتنگ علم رادیوبیولوژی با این بیماری این علم می‌تواند در جهت دست یافتن به راه حل مناسبی جهت درمان این بیماری مفید باشد. در کشور ما نیز چندین سال است که آزمون کارشناسی ارشد رادیوبیولوژی و حفاظت پرتو برگزار می‌شود و دانشجویان رشته‌های رادیولوژی، رادیوتراپی، پزشکی هسته‌ای و... در این آزمون شرکت می‌کنند. ولی یکی از مشکلات این آزمون کم بودن منابع درسی و امتحانی آن در بازار می‌باشد. لذا بر آن شدم که با جمع‌آوری نکات مهم و کلیدی کتب رادیوبیولوژی از قبیل کتاب‌های «رادیوبیولوژی برای رادیولوژیست» اثر دکتر اریک جی‌هال و کتاب «حفاظت عملی در برابر تشعشع و رادیوبیولوژی کاربردی» اثر دکتر استیون ب. دوود بتوانم یک مجموعه منسجم و مفید در اختیار دانشجویان قرار دهم. کتاب حاضر مجموعه‌ای از نکات کلیدی و نمونه سوالات امتحانی آزمون ورودی ارشد رشته رادیوبیولوژی و دکتری فیزیک پزشکی همراه با جواب‌های تستی می‌باشد. پاسخ‌های سوالات هر درس در پایان مبحث آمده است. لذا جا دارد که از زحمات جناب آقای دکتر رضا احدی و آقای حسین فرحناک و مدیر مؤسسه خلیلی جناب آقای دکتر احمد خلیلی که در این راه من را یاری داده‌اند کمال تشکر را داشته باشم. از خوانندگان و دانشجویان و اساتید تقاضا دارم در صورت مشاهده نکات اشتباه یا در صورت داشتن نظرات انتقادی و ارشادی، نظرات خود را به اینجانب انتقال دهند.

با احترام
میلاد رضایی

فهرست مطالب

فصل و عنوان — صفحه

بخش اول: رادیوبیولوژی برای رادیولوژیست

فصل اول: مفاهیم فیزیک و شیمی جذب تشعشع ۱۰

سوالات ۱۶

پاسخ‌نامه کلیدی ۱۷

فصل دوم: مفاهیم پارگی‌های رشته DNA و ناهنجاری‌های کروموزومی ۱۸

سوالات ۲۸

پاسخ‌نامه کلیدی ۳۰

فصل سوم: مفاهیم منحنی‌های بقای سلول ۳۱

سوالات ۴۴

پاسخ‌نامه کلیدی ۴۷

فصل چهارم: مفاهیم حساسیت پرتوی و سن سلول در چرخه میتوزی ۴۸

سوالات ۵۴

پاسخ‌نامه کلیدی ۵۶

فصل پنجم: مفاهیم ترمیم آسیب تشعشعی و اثر آهنگ دز ۵۷

سوالات ۶۷

پاسخ‌نامه کلیدی ۶۹

فصل ششم: مفاهیم اثر اکسیژن و اکسیژن‌دار شدن مجدد ۷۰

سوالات ۸۱

پاسخ‌نامه کلیدی ۸۲

فصل هفتم: مفاهیم انتقال خطی انرژی و اثر بیولوژیکی نسبی ۸۳

سوالات ۸۹

پاسخ‌نامه کلیدی ۹۱

فصل هشتم: مفاهیم آثار حاد تابش‌گیری کل بدن ۹۲

سوالات ۹۶

پاسخ‌نامه کلیدی ۹۷

فصل نهم: مفاهیم محافظ‌های پرتوی ۹۸

سوالات ۱۰۱

پاسخ‌نامه کلیدی ۱۰۲

فهرست مطالب

فصل و عنوان صفحه

فصل دهم: مفاهیم سرطان‌زایی تشعشع ۱۰۳
فصل یازدهم: مفاهیم آثار وراثتی تشعشع ۱۱۰
سوالات ۱۱۵
پاسخ‌نامه کلیدی ۱۱۶
فصل دوازدهم: مفاهیم اثر تشعشع بر رویان و جنین ۱۱۷
سوالات ۱۲۲
پاسخ‌نامه کلیدی ۱۲۳
فصل سیزدهم: مفاهیم کاتاراکت‌زایی تشعشع ۱۲۴
سوالات ۱۲۷
پاسخ‌نامه کلیدی ۱۲۸
فصل چهاردهم: مفاهیم دزها و مخاطره‌ها ۱۲۹
سوالات ۱۳۷
پاسخ‌نامه کلیدی ۱۳۸
فصل پانزدهم: مفاهیم حفاظت در برابر تشعشع ۱۳۹
سوالات ۱۴۵
پاسخ‌نامه کلیدی ۱۴۷
واژه‌نامه و نکات انتهایی ۱۴۸
بخش دوم: حفاظت عملی در برابر تشعشع و رادیوبیولوژی کاربردی
فصل اول: مفاهیم مبانی حفاظت در برابر اشعه ۱۵۲
سوالات ۱۵۴
پاسخ‌نامه کلیدی ۱۵۵
فصل دوم: مفاهیم تولید اشعه ایکس ۱۵۶
سوالات ۱۶۰
پاسخ‌نامه کلیدی ۱۶۲
فصل سوم: مفاهیم پرتوهای یون‌ساز ۱۶۳
سوالات ۱۶۹
پاسخ‌نامه کلیدی ۱۷۱
فصل چهارم: مفاهیم اندرکنش‌های تشعشع با ماده ۱۷۲
سوالات ۱۷۸
پاسخ‌نامه کلیدی ۱۸۰

فهرست مطالب

فصل و عنوان — صفحه

فصل پنجم: مفاهیم اثرهای زیست‌شناختی از سلول تا اندام ۱۸۱
سوالات ۱۸۹
پاسخ‌نامه کلیدی ۱۹۲
فصل ششم: مفاهیم دیگری از رادیوبیولوژی ۱۹۳
سوالات ۱۹۷
پاسخ‌نامه کلیدی ۱۹۹
فصل هفتم: مفاهیم اثرهای زودرس تشعشع ۲۰۰
سوالات ۲۰۴
پاسخ‌نامه کلیدی ۲۰۶
فصل هشتم: مفاهیم اثرهای دیررس تشعشع ۲۰۷
سوالات ۲۱۲
پاسخ‌نامه کلیدی ۲۱۴
فصل نهم: مفاهیم فیزیک بهداشت ۲۱۵
سوالات ۲۲۰
پاسخ‌نامه کلیدی ۲۲۳
فصل دهم: مفاهیم حفاظت پرتوکاران ۲۲۴
سوالات ۲۲۹
پاسخ‌نامه کلیدی ۲۳۱
فصل یازدهم: مفاهیم حفاظت بیمار در پرتونگاری ۲۳۲
سوالات ۲۳۸
پاسخ‌نامه کلیدی ۲۴۰
فصل دوازدهم: مفاهیم حفاظت در برابر تشعشع در پزشکی هسته‌ای ۲۴۱
سوالات ۲۴۶
پاسخ‌نامه کلیدی ۲۴۸
فصل سیزدهم: مفاهیم کاربرد رادیوبیولوژی و حفاظت در پرتودرمانی ۲۴۹
سوالات ۲۵۵
پاسخ‌نامه کلیدی ۲۵۷
ضمیمه ۲۵۸
سوالات تکمیلی ۲۶۹
پاسخ‌نامه کلیدی سوالات تکمیلی ۲۷۷

بخش اول

رادیوبیولوژی برای رادیولوژیست

مفاهیم فصل اول

فیزیک و شیمی جذب تشعشع

L

نکات رادیوبیولوژی

۱. اشعه X (به‌علت هویت مجهول) در اثر تخلیه گاز از لوله شیشه‌ای کشف شد.

۲. اولین رادیوگرافی از دست ون کولیکر گرفته شد.

۳. اولین کاربرد پزشکی اشعه X در مجله لانست به چاپ رسید. (در مورد یک دریانورد مست که چاقو وارد فقرات وی شده بود.)

۴. اولین کاربرد درمانی اشعه X را فراد انجام داد برای از بین بردن یک خال پرمو.

۵. بکرل ← کشف اکتیویته پیروماری‌کوری ← جداسازی رادیوم

۶. اولین آزمایش ثبت شده رادیوبیولوژی ← رادیم داخل جیب بکرل بود.

۷. رادیوبیولوژی ← مطالعه عمل پرتوهای یون‌ساز بر روی موجودات زنده است.

۸. انواع جذب انرژی تشعشعی
- ۱) برانگیختگی (exicitation) ← جابه‌جایی یک الکترون در سطوح مختلف اتم
- ۲) یونیزاسیون (ionization) ← پرتاب یک یا چند الکترون به بیرون از اتم

۹. حداقل انرژی لازم برای ایجاد یونیزاسیون ۳۳ ev انرژی می‌باشد.

پرتوهای الکترومغناطیسی برای یونیزان بودن می‌بایست هر فوتون ۱۲۴ ev انرژی و $۱۰^{-۶}$ cm طول موج داشته باشد.

۱۰. پرتوهای یون‌ساز
- الکترومغناطیسی
- ذره‌ای

۱۱. الکترومغناطیسی شامل χ , γ می‌باشند (در منبع تولید متفاوت: X ← خارج از هسته γ ← داخل هسته تولید می‌شود.)

χ ← تبدیل انرژی جنبشی الکترون‌ها به اشعه X بر اثر برخورد با طلا یا تنگستن است.

γ ← ایزوتوپ‌های ناپایدار تبدیل به پایدار با تابش γ - تابش زمینه طبیعی از صخره‌ها و پوسته زمین می‌باشد.

۱۲. **اشعه X از دو منظر بررسی می‌شود:**

۱. امواج الکتریکی و انرژی مغناطیسی $C = \lambda\gamma$

۲. پرتوهای X جریانی از فوتون‌های پر انرژی است. $E = hv$

گروه تألیف دکتر خلیلی

۱۳. $\lambda(A^\circ)=\frac{۱۲/۴}{E(Kev)}$ ← طول موج　　$۱nm=۱۰A^\circ$　　$۱A^\circ=۱۰^{-۸}cm$

۱۴. $lev=۱/۶\times۱۰^{-۱۲}Erg$　　$lev=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}j$

۱۵. تفاوت اساسی پرتوهای یون‌ساز و غیریون‌ساز ← اندازه بسته‌های انرژی است نه کل انرژی آن‌ها.

۱۶. انرژی اشعه‌ای به مقدار ۴G برابر ۶۷ کالری، ۰/۰۰۲ سیلسیوس و بالا بردن فردی به اندازه ۱۶ اینچ است.

۱۷. R (رنتگن): واحد تشعشع و توانایی اشعه در یونیزه کردن مولکول‌های هوا به مقدار ۰/۰۰۲۵۸ کولن در هر kg است.

$۱R=۰/۰۰۲۵۸\ {}^{c}/_{kg}$

۱۸. راد یا گری: (واحد دز جذبی) راد: معادل جذب انرژی Erg ۱۰۰ در هر گرم است.

ضریب تبدیل j به Cal ← ۴/۱۸　　$۱cG=۱Rad$　　$۱G=۱۰۰Rad$

۱۹. $LD_{۵۰/۶۰}$ ← دز کشنده ۵۰٪ جمعیت در ۶۰ روز پس از تابش می‌باشد.

۲۰. (فرکانس) ≃ (انرژی)　　$E\times\frac{۱}{\lambda}$ ← طول موج

۲۱. پرتوهای ذره‌ای
- e
- P
- n
- α
- π^- (مزون منفی)
- یون‌های سنگین باردار

۲۲. e ← در بتا ترون و شتاب‌دهنده خطی تولید می‌شود.

۲۳. p ← در سیکلوترون تولید و جرمی بیش از ۲۰۰۰ برابر e دارد و در تابش‌های فضایی هم وجود دارد.

۲۴. α ← ۲ پروتون و ۲ نوترون و در سیکلوترون تولید می‌شود- در تابش گیری‌های اورانیوم و رادیوم وجود دارد.

$$Ra \longrightarrow Rn+\alpha$$

منبع اصلی تابش‌گیری طبیعی

۲۵. روش‌های تولید نوترون
- ۱) برخورد دوترون با هدف (دوترون هسته دوتریوم می‌باشد که شامل یک پروتون و یک نوترون است.)
- ۲) شکافت هسته‌های سنگین‌تر
- ۳) تابش رادیونوکلئوئیدهای ساخت بشر
- ۴) در تابش‌گیری‌های فضایی

۲۶. نوترون‌ها قابل شتاب دادن نیستند به‌علت فقدان بار و قابلیت نفوذ بالایی که دارند.

۲۷. ذرات باردار سنگین: هسته عناصر سنگین Ar, Ne, C و Fe با بار مثبت (بدون e مداری) می‌باشند که تولید شدن ذرات باردار سنگین سخت و انرژی چندین هزار میلیون ولت نیاز دارد.

۲۸. عبور آهن از شبکیه چشم در تاریکی مطلق و با چشمان بسته نمونه ذرات باردار سنگین می‌باشد.

۲۹. پرتوها { یون‌ساز مستقیم ← مستقیم آسیب بیولوژیکی ایجاد می‌کند ← به‌عنوان مثال تمام ذرات باردار
یون‌ساز غیرمستقیم ← با واگذاری انرژی، ذرات باردار سریع تولید می‌کند ← به‌عنوان مثال تمام ذرات غیر باردار

۳۰. پدیده کمپتون ← برخورد فوتون به الکترون آزاد و تولید الکترون سریع «با قابلیت یونیزاسیون دیگر اتم‌ها» و فوتون با انرژی کم‌تر (درصد تحویل انرژی از صفر تا ٪۸۰ متغیر است)

ضریب جذب جرمی مستقل از «عدد اتمی» می‌باشد. و در محدوده مگا ولتاژ می‌باشد. $E_b << E_{Photon}$

۳۱. پدیده فوتوالکتریک ← برخورد فوتون با الکترون مداری و تحویل تمام انرژی برای صرف کندن الکترون (غلبه بر انرژی بستگی) و انرژی جنبشی الکترون را گویند.

ضریب جذب جرمی $\times Z^3$

انرژی جنبشی الکترون
↑
$KE = h\nu - E_b \rightarrow$ انرژی بستگی
↓
فوتون

پدیده فوتوالکتریک در محدوده‌ی رادیولوژی تشخیصی است- استخوان «به‌علت کلسیم» جذب بالا دارد.

۳۲. اشعه X اختصاصی: جای خالی الکترون مداری با الکترون آزاد یا الکترون سطوح دیگر پر می‌شود و حرکت الکترون از لایه‌ای با انرژی کم‌تر به لایه‌ای با انرژی بیش‌تر و پتانسیل منفی منجر به تولید اشعه X اختصاصی می‌شود.

۳۳. عمل مستقیم ← پرتوهایی با LET بالا مثل نوترون‌ها و α که مستقیم روی DNA اثر می‌گذارند، عمل مستقیم دارند.

۳۴. عمل غیرمستقیم با تولید رادیکال آزاد در آب و اثرگذاری روی DNA (در محدوده ۲ برابر قطر DNA) ← $۲۰A^\circ = ۲nm$ انجام می‌شود.

۳۵. پایداری شیمیایی ← زمانی‌که الکترون‌های مداری زوج هستند و هم به دور هسته به شکل ساعتگرد و پاد ساعتگرد می‌چرخند و هم به دور خودشان.

۳۶. فعالیت شیمیایی ← زمانی‌که الکترون‌های مداری فرد است و فاقد حرکت با فاز مخالف می‌باشد.

۳۷. واکنش‌های پرتوها با مولکول‌های آب

رادیکال یون
↑
$H_2O \rightarrow H_2O^+ + e^-$

$H_2O^+ + H_2O \rightarrow H_3O^+ + OH$
↓
رادیکال آزاد

۳۸. رادیکال آزاد هیدروکسیل (OH°) ← دارای ۹ الکترون، ۱e جفت نشده می‌باشد که در محدوده ۲ برابر قطر DNA نفوذ می‌کند- $\frac{2}{3}$ آسیب‌های اشعه X به مولکول DNA پستانداران ناشی از OH° می‌باشد.

روش‌های کاهش اثرات OH° ← ۱. استفاده از جاروب‌کننده‌های رادیکال آزاد (تا ۳ برابر کاهش)
۲. استفاده از عوامل شیمیایی- با محافظ‌ها یا حساس‌کننده‌ها
(این روش‌ها برای پرتوهای مستقیم امکان‌پذیر نیست)

۳۹. مدت زمان یونیزاسیون اولیه ← $۱۰^{-۵}$ ثانیه
مدت زمان یون رادیکال ← $۱۰^{-۱۰}$ ثانیه

گروه تألیف دکتر خلیلی

مدت زمان‌های رادیکال آزاد
- OH° ناشی از عمل غیرمستقیم ← 10^{-5} ثانیه
- رادیکال DNA ناشی از مستقیم و غیرمستقیم ← 10^{-9} ثانیه

اثرات بیولوژیکی اشعه
- مرگ ← ساعت‌ها یا روزها طول می‌کشد.
- سرطان (آنکوژن) ← تا چهار سال یا سال‌ها طول می‌کشد.
- جهش ← در سلول‌های جنسی در نسل‌های آینده ایجاد می‌شود.

۴۰. انواع جذب نوترون
- جذب کشسان ← نوترون‌های سریع متوسط که منجر به تولید محصولات زیر و نوترونی با انرژی کم‌تر می‌شوند.
- جذب غیرکشسان ← نوترون‌های با انرژی بیش از ۶Mev که تولید ذرات α بر اثر محصولات اسپالاسیون می‌کند.

۴۱. برخورد نوترون با هسته منجر به تولید
- پروتون‌های برگشتی (Recoil Protons) می‌شود.
- ذرات α
- پاره‌های هسته‌ای سنگین

۴۲. $\text{LET for Recoil Protons} = ۳۰-۱۰۰ \, Kev/\mu m$

۴۳. برخورد کشسان در دز جذبی سهم کمی دارد گرچه انرژی در LET بالا واگذار می‌شود.

۴۴. در برخورد غیرکشسان با کربن ← ۳ ذره α تولید می‌شود.
با اکسیژن ← ۴ ذره α تولید می‌شود.

۴۵. ذرات α تولید شده مبین دز جذبی کلی می‌باشند زیرا α یون‌ساز مستقیم می‌باشد.

۴۶. با افزایش انرژی نوترون ← احتمال برخورد به‌ترتیب با C و O بیش‌تر می‌شود.

۴۷. فوتون و نوترون ← هر دو یون‌ساز غیرمستقیم هستند.

۴۸. چگالی یونیزاسیون
- نوترون
- پایون
- یون‌های سنگین

← چگالی یونیزاسیون x و γ

۴۹. اشعه X و γ ← عمل غیرمستقیم غالب است. نوترون‌ها ← عمل مستقیم غالب است. (به‌علت محصولات سنگین)

۵۰. چگالی یونیزاسیون «متناسب» عمل مستقیم است.

۵۱. یون‌ساز متراکم ← به‌علت تولید ستونی از یونیزاسیون ← مثل نوترون‌ها به این نام، نام‌گذاری شده است.
یون‌ساز پراکنده ← به‌علت تولید یونیزاسیون پراکنده و کم‌تر ← مثل اشعه X و γ به این نام، نام‌گذاری شده است.

۵۲. چگالی رادیکال‌های DNA با عمل مستقیم
↓
مثل نوترون‌ها
↓
یونیزاسیون متراکم

چگالی رادیکال‌های X و γ
↓
مثل اشعه X و γ
↓
یونیزاسیون پراکنده

۵۳. عمل مستقیم برای پرتوهای LET بالا است. (Liner Energy Transfer)

۵۴. برای ایجاد آسیب DNA به‌وسیله پرتوهای با $LET \uparrow$ باید تعداد زیادی رادیکال DNA تولید شود.

۵۵. دلایل برخورد نوترون با هسته هیدروژن
۱) برخورد نوترون و پروتون به‌علت مشابهت جرمی هر دو ذره انرژی نسبتاً زیادی منتقل می‌شود.
۲) هیدروژن فراوان‌ترین اتم در بافت می‌باشد.
۳) سطح مقطع هیدروژن بزرگ است.

۵۶.

فوتون اشعه X اولیه
↓
الکترون سریع (e^-)
↓
رادیکال یونی
↓
رادیکال آزاد
↓
تغییرات شیمیایی ناشی از شکست پیوندها
↓
آثار بیولوژیکی

گروه تألیف دکتر خلیلی

چکیده‌ای از نتیجه‌گیری‌های مهم فصل

- پرتوهای ایکس و گاما پرتوی یون‌ساز غیرمستقیم می‌باشند؛ گام اول در جذب آن‌ها تولید الکترون‌های برگشتی سریع است.
- نوترون‌ها پرتوهای یون‌ساز غیرمستقیم می‌باشند؛ گام اول در جذب آن‌ها تولید پروتون‌های برگشتی سریع، ذرات آلفا و پاره‌های هسته‌ای سنگین‌تر است.
- آثار بیولوژیکی اشعه‌ی ایکس ناشی از عمل مستقیم (الکترون برگشتی به‌طور مستقیم مولکول هدف را یونیزه می‌کند) یا عمل غیرمستقیم (الکترون برگشتی با مولکول آب برای تولید رادیکال هیدروکسیل اندرکنش می‌نماید که در مولکول هدف نفوذ می‌کند) است.
- حدود دوسوم آسیب بیولوژیکی اشعه‌ی ایکس ناشی از عمل غیرمستقیم این پرتو می‌باشد؛
- رادیکال‌های DNA تولید شده در اثر عمل مستقیم یا غیرمستقیم تشعشع قابل تعدیل با حساس‌کننده‌ها یا محافظ‌های شیمیایی است.
- آسیب‌های DNA تولید شده از پرتوهای با LET بالا مستلزم ایجاد تعداد بسیار زیادی از رادیکال‌های DNA است. حساس‌کننده‌ها و محافظ‌های شیمیایی در تعدیل این آسیب‌ها تأثیری ندارند.
- فیزیک فرایند جذب، زمانی بیش از $۱۰^{-۱۵}$ ثانیه به طول می‌انجامد. فرایند شیمیایی طولانی‌تر است زیرا عمر رادیکال‌های DNA حدود $۱۰^{-۵}$ ثانیه است. بروز اثر بیولوژیکی طی روزها یا ماه‌ها برای مرگ سلول، سال‌ها برای سرطان‌زایی و نسل‌ها برای آسیب‌های ارثی به طول می‌انجامد.

سوالات فصل اول

فیزیک و شیمی جذب تشعشع

L

۱. **دز معادل پرتوهای یونیزان برای ..... بزرگ‌تر از دز جذبی آن‌ها می‌باشد.** (۸۷-۸۸)

۱) پرتوهای گاما ۲) ذرات بتا

۳) نوترون‌ها ۴) پوزیترون‌ها

۲. **در شرایط انرژی یکسان (1Mev)، از نظر اثر بیولوژیکی در بدن ذرات ..... در کم‌ترین درجه اهمیت هستند.** (۸۸-۸۹)

۱) نوترون ۲) گاما ۳) آلفا ۴) پروتون

۳. **کدام‌یک از برهم کنش‌های زیر در واگذاری انرژی پرتوهای نوترونی به هنگام عبور از بدن نقش اساسی دارد؟** (۹۰-۹۱)

۱) الاستیک با هیدروژن ۲) الاستیک با اکسیژن

۳) غیرالاستیک با هیدروژن ۴) غیرالاستیک با اکسیژن

۴. **آسیب‌های بالقوه کشنده (PLD) برای کدام‌یک از پرتوهای زیر اهمیت دارد؟** (۹۱-۹۲)

۱) آلفا ۲) بتا ۳) نوترون ۴) گاما

۵. **کدام عبارت در مورد اثر مستقیم و غیرمستقیم پرتوهای یونیزان نادرست است؟** (۹۳-۹۴)

۱) برای فوتون‌ها اثر غیرمستقیم غالب می‌باشد.

۲) LET پرتو در تعیین سهم اثر مستقیم و غیرمستقیم مؤثر است.

۳) در اثر مستقیم پرتو، امکان استفاده از مقاوم‌ساز پرتوی وجود دارد.

۴) در اثر غیرمستقیم پرتو، امکان استفاده از عوامل حساس‌ساز پرتوی وجود دارد.

۶. **دز پرتویی که باعث مرگ ۶۳ درصد از کل سلول‌های یک مجموعه سلولی می‌شود، برای کدام‌یک از انواع پرتوهای زیر با فرض یکسان بودن انرژی کم‌ترین مقدار است؟** (۹۳-۹۴)

۱) آلفا ۲) بتا ۳) گاما ۴) نوترون

۷. **کدام‌یک از برهم‌کنش‌های زیر در واگذاری انرژی پرتوهای نوترونی به هنگام عبور از بدن نقش اساسی دارد؟** (۸۸-۸۹)

۱) الاستیک با هیدروژن ۲) غیرالاستیک با هیدروژن

۳) الاستیک با اکسیژن ۴) غیرالاستیک با اکسیژن

گروه تألیف دکتر خلیلی

پاسخ‌نامه کلیدی

سوالات	پاسخ
۱.	۳
۲.	۲
۳.	۱
۴.	۴
۵.	۳
۶.	۱
۷.	۱

مفاهیم فصل دوم

پارگی‌های رشته DNA و ناهنجاری‌های کروموزومی

L

۱. ساختار DNA ← رشته‌ای از قند و فسفات که به قند آن گروه‌های بازآلی چسبیده است که به‌وسیله این گروه‌ها رمزهای ژنتیکی تعیین می‌شوند. این گروه‌ها یکی T و C (پریمیدین‌ها) و دیگری G و A می‌باشد که پورینی می‌باشند. و قند DNA از نوع دئوکسی ریبوز می‌باشد.

۲. بر اثر برخورد اشعه X ← مقدار زیادی آسیب تک‌رشته‌ای SSB (Single Strand Break) ایجاد می‌شود ولی به‌علت الگوبرداری از رشته مقابل آسیب تک‌رشته از اهمیت بیولوژیکی کمی برخوردار می‌باشد. حال اگر ترمیم درست نباشد موجب جهش می‌شود.

۳. بر اثر برخورد اشعه X ← مقدار کمی آسیب ۲ رشته‌ای DSB (Double Strand Break) ایجاد می‌شود که اگر این آسیب‌ها هرکدام با فاصله از هم باشند هرکدام از رشته مقابل الگوبرداری کرده و اتفاق خاصی نمی‌افتد ولی اگر این ۲ شکست در مقابل هم و یا با فاصله چند جفت باز باشد موجب آسیب بیولوژیکی مهمی می‌شود و کروماتین به دو قطعه تبدیل می‌شود.

۴. مهم‌ترین آسیب تشعشع بر روی کروموزوم آسیب یا شکست دو رشته‌ای می‌باشد.

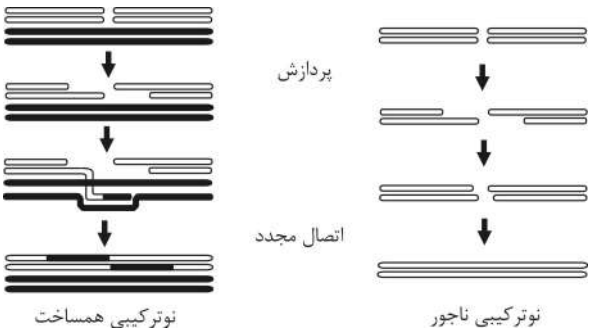
۵. انواع پارگی دو رشته براساس فاصله بین پارگی و نوع پایانه‌ها با یکدیگر تفاوت دارند.

۶. فراوانی رخداد آسیب دو رشته‌ای ۰/۰۴ درصد آسیب تک رشته‌ای است.

۷. آسیب دو رشته‌ای ← به‌طور خطی با افزایش دز افزایش می‌یابد.

۸. فرآیند ترمیم آسیب‌های دو رشته‌ای
- ۱) نوترکیبی هم ساخت ← مستلزم شرکت یک رشته DNA در ترمیم و اتصال پایانه
- ۲) نوترکیبی غیر هم ساخت

گروه تألیف دکتر خلیلی



شکل ۲-۱ ترمیم پارگی دو رشته DNA از طریق نوترکیبی هم‌ساخت و غیرهم‌ساخت (ناجور). سمت چپ شکل یک پارگی دو رشته‌ای را نشان می‌دهد که پس از نوترکیبی ایجاد می‌شود، طوری‌که کروماتیدهای خواهری مشابه به محل پارگی دسترسی دارند. نوترکیبی هم‌ساخت، پایانه که به دو زنجیره‌ی هم‌ساخت هجوم می‌برد طوری که رشته‌ی مکمل به‌عنوان الگویی برای ترمیم شکاف عمل کند. پارگی رشته دیگر و تبادل‌های بعدی نشان داده نشده است. سمت راست شکل نیز پارگی دو رشته را نشان می‌دهد اما در این حالت الگویی وجود ندارد تا ترمیم شکاف را هدایت کند در نتیجه ممکن است حین ترمیم خطاهایی روی دهد. به همین علت آن را نوترکیبی ناجور نیز می‌نامند.

۹. پروتئین‌های نوترکیبی هم ساخت مشابه محصول ژن rad۵۱ مخمراس سرویسیا می‌باشد و یک فرآیند بدون خطاست ← این فرآیند در پستانداران نادر می‌باشد.

۱۰. نوترکیبی غیر هم ساخت (ناجور) ← فرآیندی مستعد خطا و در پستانداران فراوان و مسئول بسیاری از پیش جهش‌های القا شده در سلول‌های انسانی می‌باشد.

۱۱. پروتئین‌های کیناز وابسته به DNA و پروتئین Ku در فرآیند نوترکیبی غیر هم ساخت شرکت می‌کنند.

۱۲. پروتئین‌هایی که در فرآیند ترمیم پارگی دو رشته DNA در انسان شرکت می‌کنند.
- hMrell
- Hrad۵۰ ← پروتئین هم ساخت مخمراس سرویسیا
- P۹۵ (محصول ژن NBSI)

۱۳. نوترکیبی هم‌ساخت ← ۲ رشته DNA پاره شده و در کنار آن‌ها ۲ رشته DNA دیگر قرار گرفته که کروماتیدهای خواهری مشابه به محل پارگی دسترسی دارند و پایانه‌های کروماتیدهای شکسته شده به کروماتیدهای مشابه حمله برده و آن‌ها نیز نقش الگو را ایفا کرده و پارگی ترمیم می‌شود.

۱۴. نوترکیبی غیرهم‌ساخت (ناجور) ← رشته DNA برای الگوبرداری وجود ندارد و ترمیم با خطا همراه می‌باشد.

۱۵. انرژی پرتوهای یونیزان به شکل یکنواخت جذب محیط نمی‌شود.

۱۶. انواع واگذاری انرژی دارای دامنه‌ای (بیناب) می‌باشد ولی به شکل
- اسپور
- بلاب
- مسیر کوتاه

تقسیم‌بندی کرده‌اند.

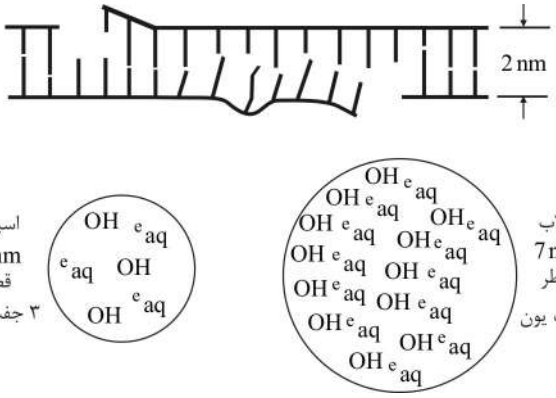
۱۷. اسپور ← دارای انرژی ۱۰۰ev و دارای سه جفت یون و قطری برابر ۴nm می‌باشد و در ٪۹۵ واگذاری انرژی x و γ اتفاق می‌افتد و در دو برابر قطر DNA خیلی خوب کاربرد دارد.

۱۸. بلاب ← دارای ۱۲ جفت یون می‌باشد و قطری برابر ۷nm و بیش‌تر در پرتوهای یونیزان متراکم اتفاق می‌افتد.

۱۹. هر دو مورد بالا به‌علت داشتن ابعادی مشابه DNA آسیب‌های چندگانه (محل آسیب دیده موضعی چند جانبه) را به‌وجود می‌آورند.

گروه تألیف دکتر خلیلی

۲۰. آسیب موضعی چند جانبه ← توسط جان وارد بیان شد و به معنی آن است که ممکن است علاوه بر آسیب دو رشته‌ای، آسیب بازها نیز ایجاد شود.



شکل ۲-۲ نمایش نقاط آسیب دیده متعدد موضعی در مولکول DNA. انرژی اشعه‌ی ایکس به‌طور یکنواخت جذب نمی‌شود بلکه در طول مسیر ذرات باردار متمرکز می‌گردد. متخصصان شیمی تشعشع از اصطلاحات اسپور و بلاب که حاوی تعدادی از جفت یون‌هاست صحبت می‌کنند. موارد مذکور ابعادی قابل مقایسه با زنجیره‌ی دو رشته‌ای DNA دارند. احتمال دارد یک پارگی دو رشته DNA با یک آسیب باز همراه باشد. اصطلاح محل آسیب دیده‌ی موضعی چند جانبه و به‌وسیله جان وارد رایج شد.

۲۱. با معین بودن اندازه اسپور و فاصله نفوذ رادیکال‌ها، آسیب چند جانبه می‌تواند حداقل بین ۲۰ جفت باز پخش شود.

۲۲. در مورد نوترون‌ها یا ذرات α ← بلاب‌ها احتمال بیش‌تری دارند و از نظر کمی با آنچه اشعه X و γ ایجاد می‌کنند متفاوت می‌باشد و سلول‌ها ترمیم مشکل‌تری دارند.

۲۳. آسیب ایجاد شده بلاب‌ها بیش‌تر از اسپورهاست زیرا بلاب‌ها دارای ابعاد بزرگ‌تر و رادیکال‌های بیش‌تر و با فاصله نفوذ بیش‌تر می‌باشند.

۲۴. روش‌های جداسازی قطعات DNA ← ۱) صافی (Filter) ۲) ژل (با ایجاد میدان الکتریکی در آن)

۲۵. DNA دارای بار مثبت می‌باشد و هر چقدر دز تشعشعی بیش‌تر باشد تعداد قطعات بیش‌تر می‌باشد.

۲۶. اندازه‌گیری پارگی تک رشته‌ای ← در شرایط قلیایی است. اندازه‌گیری پارگی ۲ رشته‌ای ← در شرایط خنثی است.

۲۷. DNA درون سلول مقاومت بیش‌تری نسبت به DNA آزاد دارد زیرا ← ۱) وجود جاروب‌کننده‌های رادیکال آزاد در درون سلول ۲) ساختار هسته و حفاظت فیزیکی پروتئین‌ها

۲۸. نقاط معینی از ژن‌ها دارای حساسیت بیش‌تری می‌باشند از جمله ← ژن‌های ترجمه‌کننده فعال

۲۹. D_0 (دز کشنده) ← دزی که موجب مرگ ٪۶۳ سلول‌ها می‌شود و فقط ٪۳۷ از سلول‌ها زنده می‌مانند را گویند.

۳۰. D_0 در پستانداران ← ۱-۲G

۳۱. تعداد آسیب‌های پس از ۱-۲G دز ← بیش‌تر از ۱۰۰۰ آسیب باز- تقریباً ۱۰۰۰ آسیب تک رشته‌ای و تقریباً ۴۰ آسیب ۲ رشته‌ای.

۳۲. رخداد مرگ سلولی با آسیب ۲ رشته‌ای ارتباط بهتری دارد تا آسیب تک رشته‌ای.

۳۳. H_2O_2 (پراکسید هیدروژن) ← تعداد بیش‌تری آسیب ۲ رشته‌ای ایجاد می‌کند.