طبابت هنر است،

هنر هماهنگی قلب و اندیشه

سرشناسه	قهرمانی، حمید، ۱۳۵۵ -، مترجم، گردآورنده
عنوان و نام پدیدآور	مرور سریع بر فیزیک رادیوتراپی خان: خلاصه درس به همراه مجموعه سوالات آزمون ارتقاء و بورد سال‌های گذشته تا سال ۱۴۰۴ ویژه آزمون ارتقا و بورد ۱۴۰۵/ ترجمه و تلخیص: دکتر حمید قهرمانی -دکتر یداله قربانی / پاسخدهی به سوالات ۱۴۰۴: دکتر مریم کلانتری خاندانی – دکتر شایان شیخ میری
مشخصات نشر	تهران: کاردیا، ۱۴۰۵.
مشخصات ظاهری	۴۹۸ ص.: مصور، جدول، نمودار. ج ۶
شابک	ریال شابک: ۵-۳۹۵-۴۰۴-۶۲۲-۹۷۸
مدیر تولید و برنامه ریزی	**الهه شهدادی**
وضعیت فهرست نویسی	فیپا
یادداشت	کتاب حاضر ترجمه و تلخیص از کتاب" Khan's the physics of radiation therapy,6th.ed, 2020" اثر جان پی گیبونز است.
موضوع	فیزیک پزشکی Medical physics پرتو درمانی Radiotherapy فیزیک پزشکی — آزمون‌ها و تمرین‌ها Medical physics-- Examinations, questions, etc. پرتو درمانی — آزمون‌ها و تمرین‌ها Radiotherapy -- Examinations, questions, etc.
شناسه افزوده	قربانی، یداله، ۱۳۵۶-، مترجم، گردآورنده
شناسه افزوده	گیبونز، جان پی.
شناسه افزوده	Gibbons, John P.
شناسه افزوده	خان، فیض ام.
شناسه افزوده	Khan, Faiz M.
رده بندی کنگره	R ۸۹۵
رده بندی دیویی	۶۱۵/۸۴۲
شماره کتابشناسی ملی	۹۶۸۴۲۵۲
اطلاعات رکورد کتابشناسی	فیپا

مرور سریع بر فیزیک رادیوتراپی خان: خلاصه درس به همراه مجموعه سوالات آزمون ارتقاء و بورد سال‌های گذشته تا سال ۱۴۰۴ ویژه آزمون ارتقا و بورد ۱۴۰۵

The Physics of Radiation Therapy / Faiz Khan / Lippincott / 2020

ترجمه و گردآوری: دکتر حمید قهرمانی - دکتریداله قربانی

ناشر: انتشارات کاردیا

صفحه آرا: رزیدنت‌یار – صبا درخشان فرد

طراح و گرافیست: رزیدنت یار – مهراد فیضی

چاپ و لیتوگرافی:رزیدنت‌یار

نوبت چاپ: اول ۱۴۰۵

تیراژ: ۱۰۰ جلد

شابک: ۵-۳۹۵-۴۰۴-۶۲۲-۹۷۸

بهاء: ریال

آدرس: تهران میدان انقلاب ـ کارگرجنوبی ـ خیابان روانمهر ـ بن بست دولتشاهی پلاک ۱ واحد ۱۸

شماره تماس: ۶۶۴۱۹۵۲۰ -۰۲۱، ۸۸۹۴۵۲۰۸ - ۰۲۱، ۸۸۹۴۵۲۱۶ - ۰۲۱، شماره تماس ویژه: ۹۱۰۹۵۹۶۷- ۰۲۱

www.residenttyar.com

هر گونه کپی‌برداری از این اثر پیگرد قانونی دارد.

مرور سریع بر فیزیک رادیوتراپی خان

خلاصه درس به همراه مجموعه سوالات آزمون ارتقاء و بورد تخصصی تا سال ۱۴۰۴ با پاسخ تشریحی ویژه آزمون ارتقاء و بورد تخصصی ۱۴۰۵

The Physics of Radiation Therapy / Faiz Khan / Lippincott / 2020

ترجمه و گردآوری

دکتر حمید قهرمانی

متخصص رادیوتراپی انکولوژی

دانشگاه علوم پزشکی زنجان

دکتر یداله قربانی

دکترای مهندسی پرتو پزشکی

دانشگاه علوم پزشکی زنجان

پاسخدهی به سوالات ۱۴۰۴

دکتر شایان شیخ میری

متخصص رادیوآنکولوژی

رتبه برتر بورد تخصصی سال ۱۴۰۳

دکتر مریم کلانتری خاندانی

رتبه نخست بورد تخصصی ۱۴۰۲

عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

تقدیم به استاد عزیزمان جناب آقای دکتر حسن بختیاری

سخن ناشر

سپاس و ستایش شایستهٔ پروردگاری که کرامتش نامحدود و رحمتش بی‌پایان است. اوست که بشر را دانش بیاموخت و با قلم آشنا کرد. به انسان رخصت آن داد که علم را به خدمت گیرد و با قلم خود و رسم خطوط گویا آن را به دیگران نیز بیاموزد.

خدایا از شاکران درگاهت و حقیقت‌جویان راهت قرارم ده و یاری‌ام کن تا در آموختن نلغزم و آن‌چه را آموختم، به شایستگی عرضه کنم.

رزیدنت‌یار، حامی و پیشرو در نظام کمک آموزشی پزشکی کشور به سبک نوین و مطابق با آخرین پیشرفت‌های آموزشی در حیطه پزشکی با کادری مجرب و آشنا طی ۱۸ سال گذشته از منظر متخصصین همواره بهترین محصولات را ارائه و در دسترس مخاطبین خود قرار داده است.

اثر پیش رو با توجه به محتوی بسیار غنی در مباحث رادیوانکولوژی گردآوری شده و با استفاده از مفهومی نمودن مباحث و روان‌سازی توسط مؤلف محترم از منابع و رفرنس بوده و در روال گذر از گروه کنترل کیفیت رزیدنت‌یار با جمعی از اساتید رتبه A را به خود اختصاص داده است، امید است با مطالعه تمام مباحث پیش رو با یاری خداوند متعال پیروز و پایدار باشید.

مدیرمسئول انتشارات

مرجان پور ندیم

مقدمه مؤلف

اگر باشی محبت روزگاری تازه خواهد یافت

زمین در گردشش با تو مداری تازه خواهد یافت

تو خوب مطلقی، من خوب‌ها را با تو می‌سنجم

بدین سان بعد از این خوبی، عیاری تازه خواهد یافت

"حسین منزوی"

کتابی حاضر ترجمه جدیدترین ویرایش کتاب فیزیک رادیوتراپی خان ۲۰۲۰ است. این کتاب یکی از ارزشمندترین کتابهای رفرنس رشته تخصصی رادیوانکولوژی و همچنین رشته‌های فیزیک پزشکی، مهندسی پرتو پزشکی و کارشناسان پرتودرمانی بوده و با عنایت به نیاز مبرم رزیدنت‌های محترم رشته رادیو انکولوژی و دانشجویان رشته‌های دیگر جهت آمادگی امتحانات ارتقاء و بورد و سایر امتحانات برآن شدیم تا خلاصه‌ای از این کتاب ارزشمند را به همراه سوال‌های ارتقاء و بورد سالهای گذشته در یک مجموعه شکیل رنگی تقدیم عزیزان بنماییم.

در ضمن متذکر می‌شوم که این کتاب نیز همانند سایر کتاب‌های دیگر خالی از اشتباه نخواهد بود خواهشمند است اشتباهات احتمالی را به ما یادآوری نمایید.

Yadollah.gh@gmail.com
Hamidghahramani76@gmail.com

دکتر حمید قهرمانی

بهار ۱۴۰۵

فهرست مطالب

فصل ۱ – ساختار ماده..... ۱۳

سؤالات و سؤالات و پاسخنامه فصل ۱..... ۱۷

فصل ۲– تبدیلات هسته ای..... ۱۹

سؤالات و پاسخنامه فصل ۲..... ۲۹

فصل ۳ – تولید پرتوهای ایکس..... ۳۳

سؤالات و پاسخنامه فصل۳..... ٤۳

فصل ٤ – ژنراتورهای پرتوی بالینی..... ٤۵

سؤالات و پاسخنامه فصل ٤..... ۵۹

فصل ۵ – برهمکنش‌های تابش یونیزان..... ۶۳

فصل ۶ – اندازه‌گیری تابش‌های یونیزان..... ۸۷

فصل ۷ – کیفیت پرتوهای X..... ۱۰۱

فصل ۸ – اندازه‌گیری دوز جذبی..... ۱۰۷

سؤالات و پاسخنامه فصل ۸..... ۱۳۳

فصل ۹ – توزیع دوز و تجزیه و تحلیل پراکندگی..... ۱۳۵

سؤالات و پاسخنامه فصل ۹..... ۱۵۳

فصل ۱۰ – سیستم محاسبات دوزیمتری..... ۱۵۵

سؤالات و پاسخنامه فصل ۱۰..... ۱۷۱

فصل ۱۱ – طراحی درمان I: توزیع‌های ایزودوز..... ۱۷۷

سؤالات و پاسخنامه فصل ۱۱..... ۲۰۳

فصل ۱۲– طراحی درمانII: اکتساب داده‌های بیمار، تأیید درمان و اصلاحات ناهمگنی..... ۲۰۹

سؤالات و پاسخنامه فصل ۱۲..... ۲۳۵

فصل ۱۳ – طراحی درمان III: شکل دادن میدان، دوز پوست و جداسازی میدان‌ها..... ۲٤۱

سوالات و پاسخنامه فصل ۱۳..... ۲۵۳

فصل ۱٤ – پرتودرمانی با الکترون..... ۲۵۷

سوالات و پاسخنامه فصل ١٤..... ٣٠٣
فصل ١٥ – براکی تراپی با دوز پایین (LDR) قوانین کاشت و مشخصات دوز..... ٣١٣
سوالات و پاسخنامه فصل ١٥..... ٣٤٧
فصل ١٦ – محافظت در برابر اشعه..... ٣٤٩
سوالات و پاسخنامه فصل ١٦..... ٣٦٣
فصل ١٧ - تضمین کیفیت..... ٣٦٧
سوالات و پاسخنامه فصل ١٧..... ٣٧٩
فصل ١٨ - تابش کل بدن(TBI)..... ٣٨٣
فصل ١٩ – پرتو درمانی سه بعدی تطبیقی..... ٣٨٩
سوالات و پاسخنامه فصل ١٩..... ٣٩٩
فصل ٢٠ - پرتو درمانی با شدت تعدیل شده IMRT..... ٤٠٣
سوالات و پاسخنامه فصل ٢٠..... ٤١٩
فصل ٢١ - پرتودرمانی استریوتاکتیک و رادیوسرجری..... ٤٢٣
سوالات و پاسخنامه فصل ٢١..... ٤٣٧
فصل ٢٢ - پرتو درمانی استریوتاکتیک بدن (SBRT)..... ٤٣٣
سوالات و پاسخنامه فصل ٢٢..... ٤٣٩
فصل ٢٣ - براکی تراپی با دوز بالا (HDR)..... ٤٤١
سوالات و پاسخنامه فصل ٢٣..... ٤٤٧
فصل ٢٤ -کاشت پروستات: تکنیک، دوزیمتری و برنامه‌ریزی درمانی..... ٤٤٩
سوالات و پاسخنامه فصل ٢٤..... ٤٥٥
فصل ٢٥ – براکی تراپی داخل عروقی..... ٤٥٧
سوالات و پاسخنامه فصل ٢٥..... ٤٦١
فصل ٢٦ - پرتودرمانی با هدایت تصویر (IGRT)..... ٤٦٣
سوالات و پاسخنامه فصل٢٦..... ٤٧٥
فصل ٢٧ - پرتودرمانی با پروتون..... ٤٧٩
سوالات و پاسخنامه فصل ٢٧..... ٤٨٧
فصل ٢٨ – طراحی درمان دانش بنیان..... ٤٩٣

فصل ۱
Section 1

ساختار ماده

اتم

همه مواد دارای اجزای منحصر به فردی می‌باشند که **عنصر** نامیده می‌شوند. هر عنصر با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اتم‌های آن از سایر عناصر قابل تشخیص است. بیشترین جرم اتم در هسته قرار دارد. در مجموع شعاع اتم تقریباً $۱۰^{-۱۰}$ متر و شعاع هسته $۱۰^{-۱۵}$ متر می‌باشد.

هسته

خصوصیات اتم‌ها از ساختار هسته، تعداد الکترون‌های مداری و آرایش آنها حاصل می‌شود. هسته شامل دو نوع ذره بنیادی است:

پروتون ها: دارای بار مثبت **نوترون‌ها:** بدون بار

✓ نکته: **باتوجه به اینکه تعداد پروتون‌های داخل هسته با تعداد الکترون‌های خارج هسته برابر است یک اتم از لحاظ الکتریکی خنثی است.**

یک اتم را می‌توان با نماد $^{A}_{Z}X$ نمایش داد که X نشان‌دهنده ماده شیمیایی عنصر، Z عدد اتمی و A عدد جرمی می‌باشد.

عدد اتمی نشان‌دهنده تعداد پروتون‌ها و عدد جرمی نشان‌دهنده تعداد نوکلئون‌ها یا هستک‌ها مجموع پروتون‌ها و نوترون‌ها) در هسته می‌باشد. اتم‌ها با توجه به تعداد نوترون‌ها و پروتون‌ها در هسته به صورت زیر تقسیم می‌شوند:

- **ایزوتوپ‌ها:** اتم‌هایی که دارای تعداد پروتون‌های یکسان و نوترون‌های متفاوتی هستند. مثل $^{58}_{27}Co$ و $^{59}_{27}Co$.
- **ایزوتون‌ها:** اتم‌هایی که نوترون‌های مساوی ولی تعداد پروتون‌های متفاوتی دارند. مثل $^{56}_{26}Fe$ و $^{56}_{27}Co$
- **ایزوبارها:** اتمهایی که تعداد هستک‌های یکسان ولی تعداد پروتون‌های متفاوتی دارند. مثل $^{60}_{28}Ni$ و $^{60}_{27}Co$
- **ایزومرها**: اتم‌هایی که پروتون و نوترون یکسان دارند ولی از نظر وضعیت انرژی هسته‌ای باهم متفاوتند. مثل $^{113}_{54}Xe$ و $^{113m}_{54}Xe$ (m حالت نیمه پایدار است).

☑ سوال: **تفاوت دو اتم ایزومر در کدام یک از پارامترهای زیر است؟** (ارتقاء ۹۳)

الف) تعداد نوترون ب) سطح انرژی نوترون ج) تعداد الکترون د) سطح انرژی اتم

پاسخ: د

☑ سوال: **کدامیک از تعاریف زیر صحیح نمی‌باشد؟** (بورد ۹۴)

الف) ایزوتوپ‌ها اتم‌های با n متفاوت و z برابر

ب) ایزوتون‌ها اتم‌های با n برابر و z متفاوت

ج) ایزوبارها اتم‌های با z متفاوت و A برابر

د) ایزومرها اتم‌های با A متفاوت و z برابر ولی با وضعیت انرژی متفاوت

پاسخ: د

✓ نکته: **زوج بودن پروتون‌ها و نوترون‌ها عامل پایداری هسته می‌باشد.۲۰٪ از هسته‌های پایدار دارای تعداد پروتون زوج و نوترون فرد و ۲۰٪ دیگر دارای پروتون فرد و نوترون زوج می‌باشند.**

تمام هسته‌های ناپایدار دارای نوترون و پروتون فرد هستند، **به استثناء ۴ هسته: هیدروژن** $^{2}_{1}H$**، لیتیوم** $^{6}_{3}Li$**، بور** $^{10}_{5}B$**، نیتروژن** $^{14}_{7}N$

جرم اتمی و واحدهای انرژی

واحد جرم اتمی یا وزن اتمی (Atomic Mass Unit) amu است که $\frac{1}{12}$ جرم هسته $^{12}_{6}C$ تعریف می‌شود. جرم اتمی الکترون در مقایسه با جرم نوترون و پروتون بسیار ناچیز است و جرم پروتون و نوترون بسیار شبیه هم و تقریبا 1 amu است.

جرم یک اتم دقیقا برابر با مجموع ذرات تشکیل‌دهنده آن نیست. وقتی هسته تشکیل می‌شود مقداری از جرم از بین رفته و به انرژی (برای نگهداری ذرات کنار یکدیگر) تبدیل می‌شود که **انرژی وابستگی** نام دارد که مانند چسب بین ذرات تشکیل‌دهنده در هسته عمل می‌کند. این اختلاف جرم را **کاهش جرمی (mass defect)** می‌نامند. واحد اصلی انرژی **ژول** است، ولی در فیزیک اتمی و هسته‌ای واحد انرژی **الکترون ولت** است. یک الکترون ولت برابراست با انرژی جنبشی کسب شده توسط الکترون در عبور از اختلاف پتانسیل یک ولت.

- **$1\ ev=1.602\times10^{-19}\ J$ $1\ amu = 931.5\ Mev$ $E= 0.511\ Mev$**

که E جرم الکترون در حال سکون است.

☑ سوال: **معادل انرژی واحد جرم اتمی amu برابر ..... ۹۳۱ می‌باشد.** (ارتقاء ۹۴)

الف) EV ب) Mev ج) Kev د) Gev

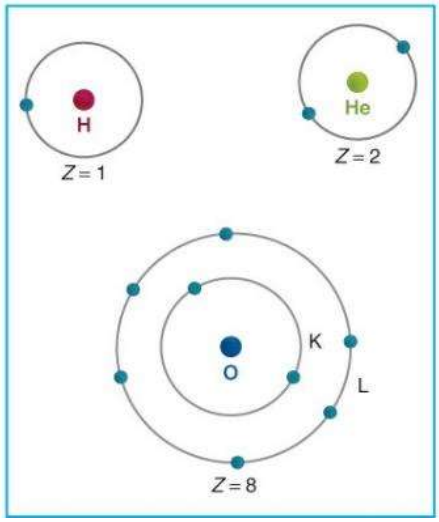
پاسخ: ب

✓ نکته: **جرم ذرات به سرعت آنها بستگی دارد و با افزایش سرعت ذره، جرم آن نیز افزایش می‌یابد.**

✓ نکته: **اثر نسبی سرعت بر جرم زمانی اهمیت پیدا می‌کند که سرعت ذره با سرعت نورقابل مقایسه باشد.**

توزیع الکترون‌های مداری

طبق اصل پائولی الکترون‌ها در داخل مدارات مشخصی دوران می‌کنند. داخلی ترین مدار، مدار k است. مدارهای بعدی L، M، N،O می‌باشند (شکل ۲-۱) .



شکل ۲-۱: مدارهای الکترونی در هیدروژن، هلیوم و اکسیژن

✓ نکته: **تعداد الکترون‌ها درهر مدار $2n^2$ است (n شماره مدار). الکترون‌های خارجی ترین مدار را الکترون‌های ظرفیت می‌نامند که خواص شیمیایی اتم را تعیین می‌کند.**

ترازهای انرژی اتم

انرژی همبستگی الکترون‌ها در لایه‌ها به نیروی جاذبه بین هسته و الکترون‌های مداری وابسته است.

✓ نکته: **هر چقدر عدد اتمی بالاتر باشد، انرژی همبستگی هم بالاتر است.**

اگر انرژی به الکترون‌های لایه ظرفیت منتقل شود و آن را به سطح انرژی بالاتر برساند، وضعیت ناپایدار اتمی ایجاد می‌شود و هنگام برگشت الکترون به حالت طبیعی با **تابش مرئی** همراه است.

اگر انرژی کافی به مدارهای داخلی منتقل شود، الکترون را به طور کامل از اتم جدا می‌کند و در نتیجه حفره ایجاد شده، با الکترون‌های مدارات بالاتر پر می‌شود. اختلاف انرژی این دو مدار با گسیل **اشعه ایکس اختصاصی** (**Charastristic x-ray**) یا خارج شدن الکترون لایه بیرونی که به نام **الکترون اوژه** (**Auger electron**) شناخته می‌شود، همراه است.

نیروهای هسته ای

نیروهای هسته‌ای در طبیعت شامل موارد زیرهستند:

نیروی هسته‌ای قوی: یک نیروی کوتاه برد است و هنگامی مؤثر واقع می‌شود که فاصله میان هستک‌ها کمتر از قطر هسته($۱۰^{-۱۵}$) باشد. این نیرو مسئول نگهداری هسته‌ها کنار یکدیگر می‌باشد.

نیروی هسته‌ای ضعیف: بسیار ضعیف بوده و در حالت خاصی از واپاشی‌های رادیواکتیو ظاهر می‌شود (واپاشی بتا).

نیروی الکترومغناطیس: نیروی دافعه قوی بین هستک‌های باردارکه تمایل برای به هم ریختن هسته را دارد.

نیروی گرانشی: نیروی گرانشی داخل هسته که بسیار ضعیف بوده و قابل چشم پوشی است.

- وقتی ذره **با بار مثبت** به هسته نزدیک می‌شود، سد پتانسیل ایجاد شده ناشی از نیروی دافعه کولنی در هسته، از نزدیک شدن ذره به هسته جلوگیری می‌کند. اگر ذره مثبت به اندازه کافی انرژی برای غلبه بر سد پتانسیل داشته باشد، وارد هسته می‌شود.

☑ سوال: **در طبیعت ۴ نیروی متفاوت وجود دارد کدامیک جزء نیروهای هسته‌ای در طبیعت نمی‌باشد؟** (بهشتی ۹۳)

الف) نیروی هسته‌ای قوی ب) نیروی الکترومغناطیسی ج) نیروی جاذبه د) نیروی جاذبه قوی

پاسخ: د

تابش الکترومغناطیس

تابش‌های الکترومغناطیسی شامل امواج رادیویی، امواج فرابنفش، امواج نوری، امواج میکروویو، پرتوهای ایکس و گاما می‌باشد.

✓ نکته: **پرتوهای ایکس از ترازهای اتمی و پرتوهای گاما از ترازهای هسته‌ای منشا می‌گیرند. پس منشا تولید متفاوتی دارند.**

☑ سوال: **اختلاف اساسی بین پرتو ایکس و گاما در کدام مشخصه آن می‌باشد؟**

الف) سرعت ب) منشا ج) انرژی د) جرم

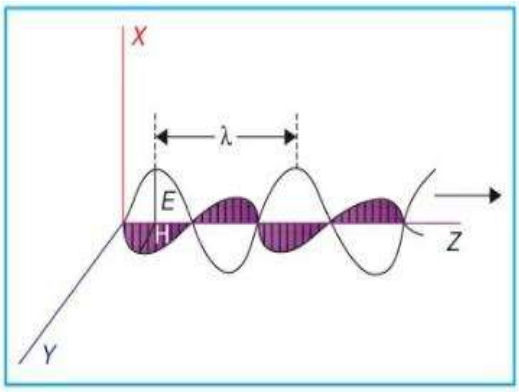
پاسخ: ب

مدل موجی

یک موج الکترومغناطیس، نشان‌دهنده تغییرات فضایی در شدت یک میدان الکتریکی (E) و مغناطیسی(M) است که این دو میدان در هر لحظه بر هم عمودند (شکل ۱-۳). انرژی این امواج در راستای محورZ با سرعت نور منتشرمی شود. رابطه بین سرعت انتشار، فرکانس و طول موج به صورت زیراست:

$$C=\lambda v$$

(λ) طول موج، (ν)فرکانس و (C) سرعت نور، واحد طول موج متر، واحد فرکانس سیکل بر ثانیه یا هرتز و واحد سرعت$\frac{m}{s}$ است.



شکل ۳ -۱: نمایش موج الکترومغناطیس. هر لحظه که E و M ماکزیمم باشند دو میدان عمود بر هم هستند.

✓ **نکته: طول موج‌های قابل دیدن برای چشم میان ۴×۱۰^{-۷} (نور آبی) تا ۷×۱۰^{-۷} (مادون قرمز) متر می‌باشد.**

☑ **سوال: کدامیک از پرتوها جزء پرتوهای الکترومغناطیس نمی‌باشند؟**

الف) پرتوهای ایکس ب) پرتوهای نور مرئی ج) پرتوهای گاما د) پرتوهای بتا

پاسخ: د

مدل کوانتومی

برای آن که بتوان پدیده فوتوالکتریک و پراکندگی کامپتون را که درنتیجه برخورد پرتو با ماده روی می‌دهد را شرح داد، از الگوی خاصیت ذره‌ای تابش‌های الکترومغناطیس استفاده می‌شود.

✓ **نکته: مدل کوانتومی رابطه انرژی فوتون با فرکانس را مشخص می‌کند.**

میزان انرژی حمل شده با فوتون طبق رابطه زیر تعیین می‌شود: **E=hν**

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{12400}{\lambda}$$

E انرژی حمل شده فوتون با واحد ژول، h ثابت پلانک، λ طول موج بر حسب انگستروم می‌باشد.

اگر طول موج برحسب متر باشد، صورت کسر به جای ۱۲۴۰۰ به $۱/۲۴ \times ۱۰^{-۶}$ تبدیل می‌شود.

✓ **نکته: طبق رابطه فوق، هرچه طول موج کوتاهتر یا فرکانس بزرگتر باشد، انرژی فوتون نیز بیشتر می‌شود.**

☑ **سوال: $c=\lambda\nu$، $E=h\nu$ به ترتیب نمایشگر خاصیت .....و..... فوتون می‌باشد.**

الف) کوانتومی- موجی ب) موجی- کوانتومی ج) بسته انرژی- موجی د) کوانتومی- بسته انرژی

پاسخ: ب

☑ **سوال: طول موج فوتون با انرژی ۴Mev چقدر است؟ (بر حسب آنگستروم)** (بهشتی ۹۴)

الف) $۱/۳\times۱۰^{-۳}$ ب) ۲×۱۰^{-۳} ج) $۳/۱\times۱۰^{-۲}$ د) ۴×۱۰^{-۳}

پاسخ: ج

از رابطه زیربدست می‌آید: $E=hc/\lambda = 3.1\times10^{-3} = 4\times10^{6} = \frac{1.24\times10^{-6}}{\lambda}$ λ

سؤالات و پاسخنامه فصل ۱

۱. در یک اتم تنگستن، کدام یک از سطوح انرژی (energy levels) الکترون‌های اوربیتال بیشترین انرژی همبستگی (binding energy) را دارد؟ (ارتقا ۱۴۰۳ قطب شیراز)

الف) K **ب) L**

ج) M **د) N**

پاسخ: گزینه الف

- ✓ انرژی همبستگی الکترون (Electron Binding Energy): مقدار انرژی مورد نیاز برای کندن الکترون از مدار (orbit)
- ✓ الکترونها به ترتیب در مدارهای K، L، M، N و O قرار میگیرند.
- ✓ هرچه از هسته دورتر شویم binding energy الکترون کمتر میشود.

پس بیشترین انرژی همبستگی را الکترون‌های لایه K دارند.

یادداشت

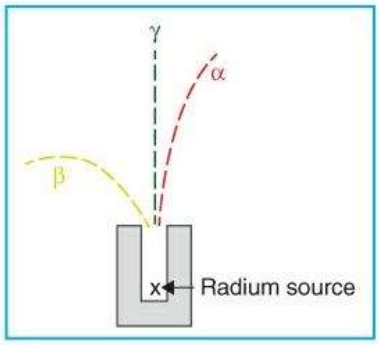
فصل ۲
Section 2

تبدیلات هسته ای

رادیواکتیویته

رادیواکتیویته، پدیده‌ای است که در آن تابش توسط هسته عناصر انجام می‌شود. این تابش هسته‌ای می‌تواند به صورت تابش ذرات، تابش الکترومغناطیسی یا هر دو باشد. تابش‌های ساطع شده از هسته رادیوم را می‌توان با کمک یک میدان مغناطیسی از هم جداکرد (شکل ۲-۱). چون ذرات α (هسته‌های هلیوم) با بار مثبت سنگین‌تر از ذرات β (الکترون) با بار منفی است، کمتر در میدان مغناطیسی منحرف می‌شوند.

✓ نکته: **پرتوهای گاما بدون بار بوده و تحت تاثیر میدان قرار نمی‌گیرند.**



شکل ۱-۲: نمایش دیاگرام جداسازی سه نوع تابش ساطع شده از رادیوم تحت تأثیر میدان مغناطیسی (اعمال شده عمود بر صفحه کاغذ).

ثابت واپاشی

واپاشی یک پدیده آماری است. دانستن زمان واپاشی در یک هسته امکان پذیر نیست ولی در تعداد زیادی از هسته‌ها می‌توان واپاشی را تخمین زد.

طبق رابطه زیر: $\frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda N$

$\Delta N/\Delta t$ تعداد اتم‌های واپاشی شده در واحد زمان و N تعداد اتم‌های رادیواکتیو و λ ثابت واپاشی است. علامت منفی رابطه بالا، کاهش هسته‌های پرتوزا با گذشت زمان را نشان می‌دهد.

رابطه دیگر برای فروپاشی پرتو:

$N=N_0e^{-\lambda t}$

N_0 تعداد اتم‌های پرتوزای اولیه N: تعداد اتمهای رادیواکتیو موجود e: پایه لگاریتم طبیعی($e\sim2/718$) t: زمان

فعالیت (Activity)

تعداد واپاشی در واحد زمان ($\frac{\Delta N}{\Delta t}$) را **اکتیویته** گویند. $\mathbf{A= \Delta N/\Delta t =\lambda N}$

✓ نکته: **اکتیویته آهنگ واپاشی را نشان می‌دهد.**

فرمول اکتیویته طبق رابطه زیر است:

$$\mathbf{A=A_0e^{-\lambda t}}$$

که A اکتیویته باقی مانده و A_0 اکتیویته اولیه است که معادل λN_0 می‌باشد. واحد اکتیویته در سیستم SI، بکرل (Bq) است که به صورت واپاشی در ثانیه (dps) تعریف می‌شود. در پرتودرمانی، واحد اکتیویته متداول، کوری (Ci) است.

1 Ci =۳/۷×۱۰^۱۰ Bq dps

1 mCi = ۱۰^-۳ Ci = ۳/۷×۱۰^۷ Bq

1 μCi = ۱۰^-۶ Ci = ۳/۷×۱۰^۴ Bq

1 nCi = ۱۰^-۹ Ci = ۳/۷×۱۰^۱ Bq

1 pCi = ۱۰^-۱۲ Ci = ۳/۷×۱۰^-۲ Bq

☑ **سوال: آهنگ واپاشی یک جسم رادیواکتیو با چه عاملی تعیین می‌شود؟** (بهشتی ۹۴)

الف) جرم ماده رادیواکتیو ب) اکتیویته ج) ثابت واپاشی د) نیمه عمر فیزیکی

پاسخ: گزینه ب

☑ **سوال: کدامیک واحد اکتیویته نیست؟**

الف) mci.hr ب) بکرل ج) کوری د) dis/sec

پاسخ: الف

نیمه عمر و عمر میانگین

اصطلاح نیمه عمر ($T_{1/2}$) ماده رادیواکتیو، عبارت است از مدت زمان لازم برای اینکه تعداد اتم‌های رادیواکتیو به نصف مقدار اولیه تجزیه شود.

معادله نیمه عمر: $T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda}$

☑ **سوال: بعد از گذشت یک نیمه عمر از ماده رادیواکتیو:** (شیراز۹۴)

الف) تعداد اتم‌های رادیواکتیو به نصف مقدار اولیه می‌رسد. ب) ثابت واپاشی اتم‌های رادیواکتیو ثابت می‌ماند.

ج) اکتیویته ماده به نصف مقدار اولیه می‌رسد. د) همه موارد

پاسخ: د

درتعریف، عمر متوسط(T_a) متوسط طول عمر یک اتم رادیواکتیو قبل از واپاشی است.

$T_a = \frac{1}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad T_a = 1 \cdot 44 T_{\frac{1}{2}}$

☑ **سوال: اگر نیمه عمر ماده رادیواکتیو A دو برابر نیمه عمر ماده B باشد. عمر متوسط ماده A چند برابر نیمه عمر ماده B می‌باشد؟** (بهشتی ۹۴)

الف) ۱/۴ ب) ۲ ج) ۲/۸ د) ۴

پاسخ: ج

☑ **سوال: نیمه عمر فیزیکی یک ماده رادیواکتیو ۵ سال می‌باشد. عمر متوسط آن تقریبا چند سال است؟**

الف) ۷/۲ سال ب) ۸/۵ سال ج) ۹/۸ سال د) ۱۴ سال

پاسخ: الف

۵×۱/۴۴ = ۷/۲

✓ **نکته: اکتیویته ویژه، میزان اکتیویته در واحد جرم یک ماده رادیواکتیو را نشان می‌دهد.**