هوالعلیم

دفترچه پیش‌آزمون و سوالات

آزمون مرحله‌ی نیمه نهایی (۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۴)

رشته‌ی فیزیک پایه‌های دوم و سوم دبیرستان (دوره دوم)

عنوان	صفحه	مدت زمان پاسخ‌گویی
پیش‌آزمون‌ها	۲-۱۰	۱۵ دقیقه
سوالات ۱ تا ۱۵ عمومی، سوالات ۱۶ تا ۲۵ اختصاصی براساس پیش‌آزمون	۱۱-۱۶	۴۰ دقیقه
پاسخ‌گویی به کلیه‌ی سوالات به صورت گروهی است. بنابراین توصیه می‌شود پس از جمع‌بندی نهایی یکی از اعضای گروه مسوولیت وارد کردن پاسخ‌ها در پاسخ‌برگ را داشته باشد.		
به ازای هر ۴ پاسخ اشتباه، امتیاز یک پاسخ صحیح از بین می‌رود. استفاده از ماشین حساب مجاز است.		

لطفا توجه نمایید:

لیگ علمی پایا در مقطع دبیرستان (دوره دوم) در قالب گروه‌های ۵ نفره در رشته‌های ریاضی، فیزیک، شیمی و زیست شناسی برگزار می‌گردد.

مرحله‌ی مقدماتی لیگ علمی پایا شامل پیش‌آزمون، سوالات عمومی و سوالات پیش‌آزمون است.

۱) در قسمت اول آزمون هر یک از اعضای گروه باید پیش‌آزمون مربوط به خود را از دفترچه جدا نموده و به صورت انفرادی مطلب آموزشی (پیش‌آزمون) خود را در مدت زمان ۱۵ دقیقه مطالعه نمایند و به خاطر بسپارند.

۲) قسمت دوم آزمون شامل پاسخ‌گویی به ۱۵ سوال تستی ۵ گزینه‌ای از مطالب کتاب‌های درسی و منابع معرفی شده دانش‌آموزان به صورت گروهی می‌باشد.

۳) بخش سوم سوالات شامل پاسخ‌گویی به ۱۰سوال تستی ۵ گزینه‌ای است که همه اعضای گروه به کمک هم و با استناد به مطالب آموزشی که در بخش قبل مطالعه کرده‌اند به آن‌ها پاسخ می‌دهند.

تذکر ۱. هر یک از اعضای گروه ملزم به مطالعه یکی از پیش‌آزمون‌ها می‌باشند و در غیر این صورت تخلف در آزمون محسوب می‌شود.

تذکر ۲. چنان‌چه گروهی ۴ نفره باشد؛ یکی از اعضای گروه علاوه بر مطالعه پیش‌آزمون مربوط به خود مسوولیت مطالعه پیش‌آزمون ۵ را نیز بر عهده دارد.

تذکر ۳. چنان‌چه گروهی ۳ نفره باشد؛ یکی از اعضای گروه می‌تواند مسوولیت مطالعه پیش‌آزمون ۴ را برعهده بگیرد و گروه مجاز به مطالعه پیش‌آزمون ۵ نمی‌باشد.

تذکر ۴. دفترچه سؤال دانش‌آموزان پایه دوم و سوم دبیرستان (دوره دوم) یکسان می‌باشد.

تذکر ۵. هنگام پاسخ‌گویی به سؤالات نیاز به جمع‌آوری پیش‌آزمون‌ها از دانش‌آموزان نمی‌باشد.

پیش‌آزمون ۱:

حدود یک سال پس از کشف پرتو ایکس توسط رونتگن (*Roentgen*)، هانری بکرل مشاهده کرد که از املاح اورانیوم نیز پرتوهای مشابهی به‌طور خود به خود گسیل می‌شود. این کشف مهم زمینه‌ی تحقیقات وسیع و دامنه‌داری را فراهم ساخت، تا جایی که به کشف مواد پرتوزا یا رادیواکتیو و همچنین دیگر انواع پرتوهای یون‌ساز انجامید.

با انجام آزمایش‌هایی می‌توان نشان داد که در یک میدان مغناطیسی از مواد پرتوزای طبیعی سه نوع پرتو یون‌ساز ساطع می‌شود. نوعی از این پرتوها که ذرات آلفا نام دارند، در میدان مغناطیسی با شعاعی بزرگ به سمتی منحرف می‌شوند که نشان می‌دهد ذرات آلفا دارای بار مثبت می‌باشند. شعاع بزرگ انحراف آلفا بیانگر این است که نسبت $\frac{e}{m}$ برای این ذرات کوچک بوده و ذرات آلفا دارای جرمی نسبتاً زیاد می‌باشند.

انحراف نوعی دیگر از این پرتوها که (ذرات بتا) نامیده می‌شوند، در میدان مغناطیسی به گونه‌ای است که ثابت می‌کند این پرتوها در واقع الکترون‌ها هستند. یکسان بودن جرم و بار ذرات بتا و الکترون‌ها خیلی زود به اثبات رسید. سال‌ها بعد «گلد هابر» نشان داد که حتی ویژگی‌های پیچیده‌ی موجی الکترون‌ها و ذرات بتا نیز همانند می‌باشند.

پرتوهایی که در میدان مغناطیسی به هیچ وجه از مسیر خود منحرف نمی‌شوند، از نوع امواج الکترومغناطیسی می‌باشند که (پرتوهای گاما) نام دارند. آزمایش‌های دقیق نشان می‌دهند که در اغلب موارد، گسیل پرتوهای گاما در پی ساطع شدن یک ذره‌ی آلفا یا بتا صورت می‌گیرد.

ذره‌ی آلفا، هسته‌ی هلیوم $({}^{۴}_{۲}He)$ است که شامل دو پروتون و دو نوترون می‌باشد. ذرات آلفا معمولاً از هسته‌هایی سنگین ساطع می‌شوند که نسبت نوترون به پروتون آن‌ها بسیار پایین است. به عنوان مثال واپاشی آلفا را از رادیو نوکلئید ${}^{۲۱۰}_{۸۴}Po$ در نظر بگیرید:

$$ {}^{۲۱۰}_{۸۴}Po \longrightarrow {}^{۲۰۶}_{۸۲}Pb + {}^{۴}_{۲}He $$

در این مثال نسبت نوترون به پروتون در رادیو نوکلئید ${}^{۲۱۰}Po$ برابر است با $\frac{۱۲۶}{۸۴} = ۱/۵$ پس از گسیل یک ذره‌ی آلفا از

هسته‌ی ^{۲۱۰}Po نوکلئید پایدار $^{۲۰۶}_{۸۲}Pb$ به‌وجود می‌آید که نسبت نوترون به پروتـون در آن برابـر بـا $\frac{۱۲۴}{۸۲} \approx ۱/۵۱$ اسـت.

بیش‌تر نوکلئیدهای آلفازای طبیعی دارای عدد اتمی بزرگ‌تر از ۸۲ هسـتند. یکـی از دلایـل ایـن موضـوع، افـزایش سـریع‌تـر نیروهای دافعه‌ی الکتروستاتیک در مقایسه با نیروهای جاذبه‌ی هسته‌ای در هسته‌های سنگین است.

یک ذره‌ی بتا، در واقع همان الکترون معمولی است که از یک هسته‌ی ناپایدار بتازا ساطع می‌شود. بار الکتریکی بتا برابـر اسـت با $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$ کولن و جرم آن ۰/۰۰۰۵ واحد جرم اتمی است. آزمایش‌های اولیه نشان داده‌اند که ذرات بتای ساطع شده از چشمه‌های طبیعی بتازا سرعتی برابر با ٪۹۹ سرعت نور دارند. ذرات بتا در مقایسه با ذرات آلفا به دلیل جرم کمی که دارند، با سرعت زیادتری حرکت می‌کنند مثلاً یک ذره‌ی آلفا که دارای ۴ مگا الکترون ولت انرژی $(۴MeV)$ است، سرعتی برابـر بـا ٪۵ سرعت نور را دارد $(۱eV = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}J)$. در حالی‌که سرعت یک ذره‌ی بتا با همان انرژی نزدیک به ۰/۹۹۵ سرعت نور است.

از آنجایی که ذرات بتا در هسته وجود ندارند، پیدایش و گسیل همزمان ذرات بتا از هسته‌های دارای نوترون اضافی، به شیوه‌ی زیر روی می‌دهد:

$$^{۱}_{۰}n \longrightarrow ^{۱}_{۱}P + ^{۰}_{-۱}e$$

یعنی نوترون اضافی به یک پروتون و یک الکترون تبدیل شده و این الکترون متعاقباً از هسته ساطع مـی‌شـود. بـرای ایـن کـه گسیل بتا امکان‌پذیر باشد، جرم هسته‌ی مادر بایستی از مجموع جرم‌های هسته‌ی دختر و ذره‌ی بتا بیش‌تر باشد.

$$M_p = M_d + M_e + Q$$

با توجه به مطالب گفته شده انتظار می‌رود که تمامی ذرات بتای ساطع شده از یـک چشـمه هماننـد ذرات آلفـا دارای انـرژی یکسانی باشند. اما نتایج به‌دست آمده از انجام آزمایش‌های مختلف با این مطلب مغایرت دارد. از سوی دیگر، آزمایش‌هـا نشـان داده‌اند که ذرات بتای ساطع شده از یک چشمه‌ی بتا از نظر انرژی دارای یک طیف گسترده بوده که از صفر تا مقدار مـاکزیمم نظری (که بر مبنای اصل بقای جرم – انرژی استوار است) متغیر می‌باشد؛ مثلاً در مورد فسـفر $^{۳۲}_{۱۵}P$ بـا وجـودی کـه انـرژی

ذره‌ی بتا ممکن است حداکثر $۱/۷MeV$ باشد، اما بیش‌تر این ذرات دارای انرژی جنبشی به مراتب کم‌تری هستند. در فسفر حداکثر انرژی مورد انتظار ذرات بتا برابر با $۰/۷\ MeV$ است. اما عملاً در واپاشی بتازا، میانگین انرژی بیش‌تر رادیو نوکلئیدها بین ٪۳۰ تا ٪۴۰ انرژی ماکزیمم است. این واقعیت که ذرات بتا از نظر انرژی دارای طیفی پیوسته می‌باشند برخلاف اصل بقای جرم – انرژی است. برای توضیح چنین مطلبی و رهایی از این تضاد، پیش‌بینی شد که ذره‌ی دیگری به نام «نوترینو» همراه با ذره‌ی بتا گسیل می‌شود. با توجه به اصل بقای بار الکتریکی در واکنش‌های هسته‌ای، نوترینو از نظر بار الکتریکی خنثی بوده و جرم آن بسیار ناچیز است. به دلیل همین دو ویژگی آشکارسازی نوترینو در عمل بسیار کار دشواری است. با این حال، آزمایش‌هایی که انجام شده‌اند، فرضیه‌ی وجود آن‌را عملاً تأیید کرده‌اند. بر همین اساس باید رابطه‌ی واپاشی نوترون را به‌صورت زیر اصلاح کرد:

$$^{۱}_{۰}n \longrightarrow {}^{۱}_{۱}P + {}^{۰}_{-۱}e + \nu^{۰}$$

که در آن $\nu^{۰}$ بیان‌کننده‌ی نوترینو است.

پیش‌آزمون ۲:

واپاشی خودبه‌خودی هسته‌ی یک اتم ناپایدار را پرتوزایی می‌نامند. در این پدیده، یک نوکلئید (هسته) به یک نوکلئید متفاوت دیگر و یا به تراز متفاوتی از همان نوکلئید تبدیل می‌شود. طی این عمل، ذرات آلفا، بتا و یا پرتو گاما از هسته ساطع می‌شود. همچنین ممکن است پدیده‌هایی نظیر تسخیر الکترون، تبدیل داخلی و یا شکافت هسته‌ای رخ دهد.

در پدیده‌ی تبدیل داخلی، از یک اتم پرتوزا الکترون ساطع می‌شود. هنگامی که هسته‌ای در حالت برانگیخته قرار دارد، معمولاً با ساطع ساختن پرتوهای گاما انرژی اضافی خود را از دست می‌دهد. اما در پاره‌ای از موارد، پرتوهای گاما از هسته ساطع نمی‌شوند، بلکه انرژی اضافی به یکی از الکترون‌های مداری انتقال یافته و موجب خارج شدن آن از اتم می‌شود. به این واکنش هسته‌ای، پدیده‌ی تبدیل داخلی گفته می‌شود و با علامت (IC) نشان داده می‌شود.

بدیهی است بخشی از انرژی اضافی هسته بایستی صرف جداسازی الکترون از هسته شده و بقیه‌ی آن، به انرژی جنبشی الکترون آزاد شده تبدیل شود. بیان ریاضی این موضوع به‌صورت زیر است:

$$E_\gamma = E_e + \phi$$

که در آن E_γ انرژی گاما، E_e انرژی جنبشی الکترون و ϕ انرژی بستگی الکترون هستند.

طی تحولات پرتوزا، تعداد اتم‌های پرتوزا در یک نمونه، با گذشت زمان کاهش می‌یابد. میزان این کاهش در رادیو نوکلئیدهای مختلف، متفاوت بوده و هر هسته‌ی پرتوزا، دارای سرعت واپاشی خاص خودش است. به عنوان مثال، اگر در طول مدت زمانی مشخص، کاهش تعداد اتم‌های پرتوزای ^{۳۲}P و ^{۱۳۲}I را بررسی کنیم، درمی‌یابیم که تعداد اتم‌های پرتوزای ^{۳۲}P طی ۱۴/۳ روز به نیمی از مقدار اولیه‌ی خود کاهش می‌یابد. در حالی‌که ۸ روز طول می‌کشد تا اتم‌های پرتوزای ^{۱۳۲}I به نیمی از تعداد اولیه کاهش یابند. به بیان دیگر، ^{۱۳۲}I با سرعت بیش‌تری واپاشی می‌شوند.

مدت زمانی که برای واپاشی نیمی از هسته‌های یک ماده‌ی پرتوزا لازم است، نیمه‌ی عمر آن ماده نامید می‌شود. هر ماده‌ی پرتوزا دارای نیمه‌ی عمر خاص خود بوده و هیچ عاملی چه فیزیکی و چه شیمیایی قادر به تغییر نیمه‌ی عمر یک ماده‌ی پرتوزا

نیست. نیمه‌ی عمر مواد پرتوزای مختلف از چند میکرو ثانیه تا میلیاردها سال متفاوت است.

واپاشی مواد پرتوزا ماهیتی آماری دارد. احتمال واپاشی تمامی هسته‌های یک ماده‌ی پرتوزا همواره و در هر زمان ثابت است. احتمال واپاشی در ثانیه، برحسب کسری از هسته‌های موجود که در یک ثانیه دچار واپاشی می‌شوند، اندازه‌گیری می گردد. اگر از میان N هسته‌ی موجود در زمان t تعداد ΔN هسته در مدت زمان Δt ثانیه واپاشی شوند، در این‌صورت احتمال واپاشی در ثانیه عبارت است از: $\lambda = \frac{\Delta N / N}{\Delta t}$

آزمایش نشان داده است که این کمیت برای یک ماده‌ی پرتوزا کمیتی ثابت است که شاخص آن ماده می‌باشد. این کمیت به ضریب واپاشی معروف بوده و با λ نشان داده می‌شود. می‌توان ثابت کرد که تعداد اتم‌های باقی‌مانده $(N - \lambda t)$ برحسب زمان از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

$$N = N_{\circ} e^{-\lambda t}$$

در این رابطه $N_{\circ}$ تعداد اتم‌های اولیه بوده و e یک عدد ثابت به نام عدد نپر است و مقدار آن تقریباً برابر با ۲/۷۱۸ است. عدد نپر یک عدد گنگ است.

واحد فعالیت پرتوزایی بکرل (Bq) است. بنا به تعریف، یک بکرل فعالیت پرتوزایی یک منبع پرتوزاست که در هر ثانیه فقط یک اتم آن واپاشی می‌شود:

$$۱Bq = ۱\frac{\text{واپاشی}}{\text{ثانیه}}$$

پیش از این که سیستم SI جایگزین دیگر سیستم‌های اندازه‌گیری شود، به جای بکرل از واحد اندازه‌گیری به نام کوری (Ci) استفاده می‌شد.

$$۱Ci = ۳/۷ \times ۱۰^{۱۰} Bq$$

پیش‌آزمون ۳:

یک پرتو در اثر برخورد با ماده، مقداری از انرژی خود و یا تمامی آن را از دست می‌دهد. این انرژی به ماده منتقل شده و اکثراً موجب یونیزاسیون و یا تحریک آن‌ها می‌شود.

ذرات آلفا در مقایسه با الکترون‌ها سنگین بوده و بار الکتریکی آن‌ها نیز دو برابر الکترون است. برخورد اولیه‌ی این ذرات با الکترون‌های مداری ماده می‌باشد. به دلیل جرم زیاد، ذرات آلفا در برخود با الکترون‌های مداری از مسیر اولیه‌ی خود چندان منحرف نمی‌شوند و بنابراین مسیر ذرات آلفا مستقیم است. در موارد معدودی احتمال دارد که ذرات آلفا با هسته برخورد کرده و با زاویه‌ای بزرگ از مسیر خود منحرف شوند. قدرت نفوذ ذرات آلفا در ماده، کم‌تر از دیگر پرتوهای یون‌ساز است. پرانرژی‌ترین ذرات آلفا که از منابع طبیعی ساطع می‌شوند، فقط می‌توانند چند سانتی‌متر در هوا نفوذ کنند و این مقدار در بافت بدن از چند میکروسانتی‌متر تجاوز نمی‌کند.

از آن‌جا که ذرات آلفای ساطع شده از یک منبع پرتوزای طبیعی، همگی دارای انرژی یکسانی می‌باشند، به نظر می‌رسد که این ذرات پس از نفوذ در ماده، می‌بایستی همگی در فاصله‌ای یکسان نسبت به منبع پرتو از حرکت باز ایستد. اما به دلیل ماهیت آماری برخورد ذرات آلفا نمی‌توان انتظار داشت که تعداد برخورد آن‌ها در طول مسیرشان یکسان بوده و همه‌ی ذرات در هر برخورد به یک مقدار انرژی از دست بدهند.

در مورد ذرات آلفا برد به دو صورت تعریف می‌شود. برد متوسط و برد تخمینی. برد متوسط معرف فاصله‌ای از چشمه‌ی پرتوزاست که در این فاصله تعداد ذرات آلفا به نصف تعداد اولیه می‌رسد و با R_m نشان داده می‌شود. برد تخمینی (R_e) با استفاده از نمودارهای خاص به‌دست می‌آید. رابطه‌ی بین این دو به صورت زیر است:

$$R_E = R_m + ۰/۸۶۶K$$

(K یک پارامتر است.)

برای بیان رابطه‌ی برد و انرژی ذرات آلفا از هوا در شرایط صفر سانتی‌گراد و فشار یک اتمسفر، به عنوان ماده‌ی‌جاذب استفاده

می‌شود. برای ذرات آلفا که انرژی آن‌ها کم‌تر از $۴MeV$ است، رابطه‌ی بین برد متوسط و انرژی به‌صورت زیر است:

$$R_a = ۰/۵۶E$$

که در آن R_a برد متوسط ذرات آلفا در هوا برحسب cm و E انرژی آن‌ها برحسب MeV است. همچنین برد متوسط ذرات آلفا که انرژی آن‌ها بین ۴ تا ۸ مگا الکترون ولت است، از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$R_a = ۱/۲۴E - ۲/۶۲$$

برد آلفا در هر ماده‌ی دیگری را می‌توان از رابطه‌ی زیر به‌دست آورد:

$$R = ۰/۵۶\sqrt[۳]{A}\,R_a$$

که در آن R برد ذره‌ی آلفا در هر ماده‌ی دیگری به استثنای هواست که برحسب میلی‌گرم بر سانتی‌متر مربع بوده و A عدد اتمی ماده‌ی جاذب است.

پیش‌آزمون ۴:

ذرات بتا در مقایسه با ذرات آلفا از قابلیت نفوذ بسیار زیادی برخوردارند. مثلاً یک ذره‌ی‌آلفا با انرژی $۳MeV$ دارای بردی در حدود $۲/۸cm$ در هوا بوده و یونیزاسیون مخصوص آن برابر است با ۴۰۰۰ جفت یونی در هر میلی‌متر. در حالی‌که یک ذره‌ی بتا با همین انرژی بیش از $۱۰۰۰cm$ در هوا نفوذ کرده و فقط ۴ جفت یونی در هر میلی‌متر از مسیر خود ایجاد می‌کند.

به‌طور کلی در مقایسه با ذرات آلفا، مسیر ذرات بتا در ماده بسیار پیچیده‌تر بوده و بنابراین محاسبه‌ی برد آن مشکل‌تر است. این موضوع دلایل گوناگونی دارد که در این‌جا سه دلیل برای آن ذکر می‌کنیم:

۱- مسیری که ذرات بتا ضمن عبور از ماده طی می‌کنند، برخلاف مسیر ذرات آلفا مستقیم نبوده بلکه دارای بازتابش‌های بسیاری است. علت این مسئله آن است که جرم ذرات بتا با جرم الکترون‌های مداری که با آن‌ها برخورد متقابل دارد، یکسان بوده و در نتیجه به راحتی از مسیر خود منحرف می‌شوند.

۲- تمام ذرات بتایی که از یک ماده‌ی پرتوزا ساطع می‌شوند، برخلاف ذرات آلفا تک انرژی نبوده و دارای طیفی پیوسته می‌باشند.

۳- سرعت بالای ذرات بتا استفاده از فیزیک نسبیت را الزامی می‌سازد.

می‌توان نشان داد که شدت یک باریکه‌ی بتا در یک ماده به ضخامت x و ضریب جذب خطی μ (که به جنس مانع و انرژی ذرات بتا بستگی دارد)، از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

$$I = I_{\circ} e^{-\mu x}$$

اگر ضخامت مانع، برحسب ضخامت جرمی بیان شود، برد ذرات بتا تقریباً به جنس مانع بستگی نخواهد داشت. همچنین آزمایش نشان داده است که ضریب جذب جرمی (μ_m) برحسب ضریب جذب خطی (μ) و جرم مخصوص مانع (δ) به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_m = \frac{\mu}{\delta}$$

μ_m تقریباً به جنس مانع بستگی نداشته و توسط رابطه‌ی تجربی زیر قابل محاسبه است:

$$\mu_m = \frac{۲۲}{(E_{\max})^{۱/۳۳}} \quad و \quad ۰/۵MeV < E < ۶MeV$$

جذب ذرات بتای تک انرژی تا حدودی با جذب ذرات بتای دارای طیف پیوسته تفاوت دارد. جذب ذرات بتای تک انرژی تقریباً خطی است.

رابطه‌ی بین برد و انرژی ذرات بتا که از آزمایش‌ها به‌دست آمده است، به‌صورت زیر می‌باشد:

$$R = ۵۳۰E - ۱۰۶$$

اعتبار این فرمول برای $E > ۲/۵MeV$ و $R > ۱۲۰۰\frac{mg}{cm^۲}$ است.

انتقال انرژی ذرات بتا در ماده به چندین طریق صورت می‌پذیرد که مهم‌ترین آن‌ها یونیزاسیون و تحریک اتم‌های ماده و همچنین ایجاد تابش ترمزی است. در مورد تابش ترمزی باید گفت که اگر ذرات بتا دارای انرژی کافی باشند می‌توانند از ابر الکترونی ماده‌ی جاذب عبور کرده و خود را به نزدیک هسته برسانند. در این صورت، ذرات بتا تحت تأثیر نیروی جاذبه‌ی کولنی قوی هسته قرار گرفته و ناگهان از مسیر خود منحرف می‌شوند. این تغییر مسیر ناگهانی موجب پدید آمدن یک شتاب در حرکت الکترون و تابش به‌صورت امواج الکترومغناطیسی می شود. این امواج که طیفی پیوسته دارند، پرتو ترمزی یا پرتو ایکس پیوسته نامیده می‌شوند.

پیش‌آزمون ۵:

چگونگی برخورد گاما با ماده، در مقایسه با ذرات آلفا و بتا متفاوت است. به‌طوری که ذرات آلفا و بتا می‌توانند کاملاً در ماده جذب شوند و بنابراین بردی مشخص دارند. اما پرتو گاما را نمی‌توان کاملاً جذب کرد. بلکه با افزایش ضخامت ماده‌ی جاذب، فقط می‌توان شدت پرتو را کاهش داد. از آن‌جا که پرتو گاما فاقد بار الکتریکی و جرم می‌باشد، احتمال برخورد و یا به بیانی دیگر، سطح مقطع برخورد آن با ماده در مقایسه با ذرات آلفا و بتا، بسیار کم‌تر است. به همین دلیل، قدرت نفوذ پرتو گاما به مراتب بیش‌تر قدرت نفوذ ذرات آلفا و بتاست و تاحدی می‌باشد که فوتون‌های پرانرژی می‌توانند بدون از دست دادن انرژی تا چندین سانتی‌متر و یا چندین متر در مواد نفوذ کنند.

برخورد اولیه‌ی یک فوتون (بسته‌های انرژی) با ماده، با الکترون‌های مداری صورت می‌گیرد. طی این برخورد، بخشی از انرژی فوتون به انرژی جنبشی الکترون‌های سریع‌السیر تبدیل شده و بخشی دیگر به‌صورت پرتوهای پراکنده شونده از ماده خارج می‌شود. الکترون‌های سریع‌السیر، در مسیر حرکت خود موجب یونش، تحریک اتم‌ها و نیز شکستن پیوندهای مولکولی می‌شوند. پرتوهای گاما یا ایکس به چندین روش مختلف با ماده برخورد می‌کنند.

باریکه‌ای از فوتون‌ها را در نظر بگیرید که به ماده‌ای به ضخامت Δx می‌تابد. فرض می‌کنیم که تعداد این فوتون‌ها برابر N باشد. تعدادی از این فوتون‌ها (ΔN) بر اثر برخورد متقابل با اتم‌های ماده، از باریکه‌ی اولیه حذف شده و بقیه $(N - \Delta N)$ بدون انجام هرگونه برخورد، ماده را در همان مسیر اولیه ترک می‌کنند. در هر صورت، تابش فوتون‌ها به هر ماده موجب تضعیف یا کاهش تعداد فوتون‌ها می‌شود. البته هر چه تعداد فوتون‌های اولیه و نیز ضخامت ماده‌ی جاذب بیش‌تر باشد، این کاهش نیز بیش‌تر خواهد بود. به بیان ریاضی می‌توان نوشت:

$$\Delta N \sim N \Delta x \Rightarrow \Delta N = -\mu N \Delta x$$

در این رابطه به μ ضریب تضعیف خطی گفته می‌شود. در این رابطه علامت منفی به سبب این موضوع وارد شده است که با افزایش Δx، تعداد فوتون‌ها کاهش می‌یابد.

رابطه‌ی اخیر را می‌توان به‌صورت $\frac{\Delta N}{N} = -\mu \Delta x$ نیز نشان داد. پس از انجام عملیات ریاضی مربوط به نتیجه‌ی زیر می‌رسیم:

$$N = N_{\circ} e^{-\mu x}$$

رابطه‌ی بالا فقط با فرض‌های زیر صحیح است:

۱- انرژی فوتون‌های تابش شده یکسان باشد.

۲- مانع ضخیم نباشد.

۳- با استفاده از موانع مناسب، از رسیدن پرتوهای پراکنده شده جلوگیری شود.

واحد ضریب تضعیف خطی عکس واحد طول است؛ مثلاً اگر طول برحسب میلی‌متر باشد، ضریب تضعیف خطی به واحد mm^{-1} خواهد بود. ضریب تضعیف ماده‌ی جاذب با عدد اتمی و انرژی فوتون تغییر می‌کند. اما برای ماده‌ای خاص و فوتون‌هایی با انرژی مشخص، مقدار μ ثابت است.

سوالات عمومی

۱. یک قطعه سیم آلومینیومی دور یک قطعه چوب‌پنبه به جرم m پیچیده شده است. چگالی‌های چوب‌پنبه، آلومینیوم و آب برحسب $\frac{g}{cm^۳}$ به ترتیب عبارتند از ۰/۵، ۲/۷ و ۱.حداقل جرم سیم آلومینیومی که باید حول چوب‌پنبه پیچیده شود، تا چوب‌پنبه به‌طور کامل در آب فرو رود، تقریباً چند برابر m است؟

۱) ۱/۶ ۲) ۱/۲ ۳) ۰/۸ ۴) ۱ ۵) ۰/۶

۲. معادله‌ی دمای یک جسم برحسب سانتی‌گراد برحسب زمان از رابطه‌ی $T = t + \frac{۱}{t+۱}$ به‌دست می‌آید. حداقل دمای این جسم چند سانتی‌گراد است؟

۱) ۱/۵ ۲) ۰/۵ ۳) صفر ۴) ۱ ۵) -۱

۳. ستون جیوه تا چه ارتفاعی در لوله‌ی یک فشارسنج با طول $۱۰۵cm$ بالا خواهد رفت؟ (فشارسنج در هوایی با فشار $۷۶۰mmHg$ قرار دارد و در حال سقوط آزاد است).

۱) ۱۰۵ cm ۲) ۷۶ cm ۳) صفر ۴) ۵۲/۵ cm ۵) نمی‌توان گفت

۴. شعاع نوار پیچیده شده به دور یک قرقره در یک نوار کاست در مدت ۲۰ دقیقه به نصف می‌رسد. چند دقیقه زمان لازم است تا شعاع نوار پیچیده شده دوباره نصف شود؟

۱) ۲۰ ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) ۷/۵ ۵) ۵

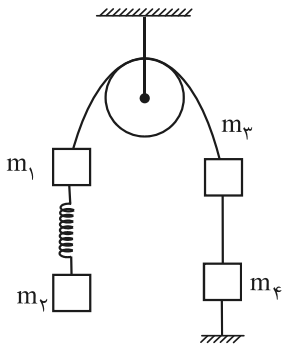
۵. دو سیلندر عمودی با قطرهای مختلف به‌وسیله‌ی یک دریچه‌ی میانی به هم متصل شده‌اند. داخل این سیلندرها گازی با دمای ثابت، زیر پیستون‌های $m_۱ = ۱kg$ و $m_۲ = ۲kg$ قرار دارد. سیلندرها در خلأ هستند و پیستون‌ها در یک ارتفاع $(h = ۰/۲m)$ قرار دارند. اگر جرم پیستون اول به اندازه‌ی جرم پیستون دوم شود، اختلاف ارتفاع پیستون‌ها برابر با چند متر خواهد شد؟

۱) صفر ۲) ۰/۲۵ ۳) ۰/۳ ۴) ۰/۱۵ ۵) ۰/۱

۶. می‌دانیم دمای اتاقی هنگامی که دمای بیرون $-۲۰^\circ C$ است، برابر با $+۲۰^\circ C$ و هنگامی که دمای بیرون $-۴۰^\circ C$ باشد، دمای اتاق $+۱۰^\circ C$ است. دمای بخاری‌ای که اتاق را گرم می‌کند، چند سانتی‌گراد است؟

۱) ۴۵ ۲) ۶۰ ۳) ۳۵ ۴) ۳۰ ۵) ۵۵

۷. در شکل زیر دستگاه در ابتدا ساکن است. شتاب وزنه‌ی $m_۱$ بلافاصله پس از پاره شدن نخ کدام است؟ از جرم نخ، قرقره‌ها، فنرها و اصطکاک صرف‌نظر کنید. (فرض کنید $m_۱ + m_۲ > m_۳ + m_۴$)



۱) صفر

۲) $\frac{m_۱ + m_۳}{m_۲ + m_۴} g$

۳) $|\frac{m_۴ - m_۳}{m_۲ - m_۱}| g$

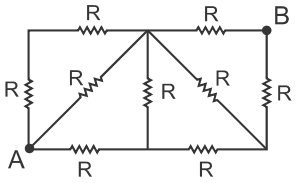
۴) g

۵) $\frac{m_۱ + m_۲}{m_۳ + m_۴} g$

۸. سرعت بلوکی که روی سطح افقی یک تسمه نقاله‌ی بلند در حال حرکت است، نسبت به زمین برابر $5m/s$ و خلاف جهت حرکت تسمه نقاله می‌باشد. ضریب اصطکاک تسمه نقاله و بلوک برابر با ۰/۲ است. سرعت تسمه نقاله چند متر بر ثانیه است؟ (پس از چهار ثانیه سرعت بلوک با سرعت تسمه نقاله برابر می‌شود)

۱) ۱۰ ۲) ۸ ۳) ۷ ۴) ۹ ۵) ۳

۹. در مدار زیر مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی A و B برابر با چند R است؟



۱) $\frac{56}{55}$ ۲) $\frac{9}{10}$ ۳) $\frac{5}{11}$ ۴) $\frac{112}{55}$ ۵) $\frac{15}{11}$

۱۰. کشی به جرم m و ضریب سختی K از یک سر آویزان شده است افزایش طول کش کدام است؟

۱) $\frac{mg}{K}$ ۲) $\frac{mg}{2K}$ ۳) صفر ۴) $\frac{2mg}{K}$ ۵) $\frac{mg}{4K}$

۱۱. شیب شیشه‌ی جلوی دو اتومبیل به ترتیب $\beta_1 = 30^\circ$ و $\beta_2 = 15^\circ$ می‌باشد. نسبت بین سرعت حرکت آن‌ها $\frac{V_1}{V_2}$ چه‌قدر باشد تا راننده‌ها مشاهده کنند که ذرات تگرگ پس از برخورد به شیشه‌ی جلوی ماشینشان به‌طور عمودی به سمت بالا می‌رود؟ (فرض کنید که تگرگ به‌طور قائم می‌بارد)

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۱/۵ ۴) ۲/۲۵ ۵) ۱/۲۵

۱۲. مارپیچی را با زاویه‌ی شیب θ در نظر بگیرید. چه زمانی طول می‌کشد تا دانه‌ی تسبیحی که از حالت سکون در ارتفاع h رها کرده‌ایم، به پایین برسد؟

۱) $\sqrt{\frac{2h}{g\sin\theta}}$ ۲) $\sqrt{\frac{2h}{g\sin^2\theta}}$ ۳) $\sqrt{\frac{2h}{g\sin\theta\cos\theta}}$ ۴) $\sqrt{\frac{2h}{g\cos^2\theta}}$ ۵) $\sqrt{\frac{2h}{\cos\theta}}$

۱۳. معادله‌ی حرکت متحرکی در SI از رابطه‌ی $x = 5t^2 - 20t + 1$ به‌دست می‌آید. چند ثانیه پس از شروع حرکت، جهت حرکت جسم عوض می‌شود؟

۱) ۱/۵ ۲) ۴ ۳) ۲ ۴) ۲/۵ ۵) هیچ وقت

۱۴. دو ماشین در عرض جغرافیایی 10° در یک نقطه قرار دارند. ماشین اول ابتدا m کیلومتر به سمت شمال جغرافیایی و سپس n کیلومتر به سمت شرق می‌رود. ماشین دوم ابتدا n کیلومتر به سمت شرق و m کیلومتر به طرف شمال می‌رود. موقعیت نسبی ماشین اول نسبت به ماشین دوم چیست؟

۱) منطبق هستند ۲) مشرق ۳) مغرب
۴) شمال ۵) بستگی به m و n دارد.

۱۵. یک قطعه یخ ۲۰ گرمی از حالت سکون، داخل دریاچه‌ای به دمای صفر سلسیوس سقوط می‌کند و نیمی از آن ذوب می‌شود. حداقل ارتفاعی که یخ از آن‌جا سقوط کرده، کدام است؟

$(g = 10\frac{m}{s^2}, C_{\text{یخ}} = 2/1\frac{kJ}{kgC}, L_f = 333\frac{KJ}{Kg}$ و $C_{\text{آب}} = 4/2\frac{KJ}{KgC})$

۱) $16/65\,km$ ۲) $33/3\,km$ ۳) $66/6\,km$ ۴) $8/82\,km$ ۵) $11/74\,km$

سوالات اختصاصی

۱۶. ذرات بتایی که دارای $۳۰keV$ انرژی باشند، تا چه فاصله‌ای می‌توانند در ماهیچه نفوذ کنند؟(جرم مخصوص ماهیچه را برابر با $۱g/cm^۳$ و برد ذرات بتا را $۱/۵\frac{mg}{cm^۲}$ را در نظر بگیرید.)

۱) $۱۵\mu m$ ۲) $۱۲mm$ ۳) $۱/۶cm$ ۴) $۱۰nm$ ۵) $۱/۴dm$

۱۷. ضریب جذب جرمی برای ذرات بتایی که دارای حداکثر انرژی $۱MeV$ هستند، برابر با تقریباً چند سانتی‌متر مربع بر گرم است؟

۱) ۱۸ ۲) ۱۲ ۳) ۲۸ ۴) ۲۲ ۵) ۳۱

۱۸. برد ذرات آلفای چشمه‌ی ^{۲۱۰}Rn در بافت بدن برابر با چند سانتی‌متر است؟ (جرم مخصوص بدن را معادل جرم مخصوص آب خالص و عدد جرمی آن را معادل عدد جرمی هوا فرض کنید. عدد جرمی هوا را برابر با ۳/۸۲ واحد فرض کنید.)

۱) ۴/۸۷ ۲) ۳×۱۰^{-۶} ۳) $۴/۲۵\times۱۰^{-۳}$ ۴) ۰/۲۵ ۵) $۱/۶\times۱۰^{-۸}$

۱۹. چه مدت زمان لازم است تا فعالیت پرتوزایی نمونه‌ای از ^{۱۳۲}Cs به یک درصد از فعالیت اولیه‌ی آن برسد؟ (نیمه‌ی عمر ^{۱۳۲}Cs برابر است با ۶/۴۷ روز)

۱) ۱۱ روز ۲) ۲۶ روز ۳) ۴۳ روز ۴) ۵۲ روز ۵) ۶۳ روز

۲۰. چند درصد از پرتوهای گاما می‌توانند از یک صفحه‌ی آلومینیومی به قطر $۲mm$ عبور کنند؟(ضریب تضعیف خطی آلومینیومی را برابر با $۳cm^{-۱}$ بگیرید.)

۱) ۳۰ ۲) ۴۵ ۳) ۷۰ ۴) ۵۰ ۵) ۵۵

۲۱. کدام گزینه جرم کم‌تری دارد؟

۱) α ۲) e ۳) ν ۴) n ۵) β

۲۲. اگر برد یک ذره‌ی آلفا در هوا برابر با $۲/۸cm$ باشد، انرژی آن تقریباً چند MeV است؟

۱) ۱۱ ۲) ۷ ۳) ۱۶ ۴) ۳ ۵) ۸

۲۳.چند درصد از اتم‌های پرتوزای یک نمونه‌ی ^{۱۳۷}Cs پس از گذشت ۱۰ سال کاهش می‌یابد؟ ضریب واپاشی ^{۱۳۷}Cs برابر با ۰/۰۲۳ در سال است.

۱) ۴۹ ۲) ۱۶ ۳) ۲۱ ۴) ۸ ۵) ۷۶

۲۴.نیمه‌ی عمر ^{۱۳۱}I برابر با چند روز است؟

۱) ۱۴/۳ ۲) ۸ ۳) ۱۷/۲ ۴) ۹۰ ۵) ۱۱

۲۵.با توجه به واکنش آلفازای زیر به جای x چه عددی باید قرار گیرد؟

$$^{۱۸۸}_{۹۱}A \longrightarrow ^{x}_{y}B + \alpha$$

۱) ۱۸۶ ۲) ۱۸۴ ۳) ۱۹۲ ۴) ۱۸۰ ۵) ۱۷۸