کورس فیزیک
متناسب با تحصیلات داروسازی

هاله ثمینی
کارشناس ارشد فیزیک، واحد علوم دارویی دانشکده داروسازی، دانشگاه آزاد اسلامی

■ مقدمه

آقـای Richard P. McCall از دانشـکده داروسـازی سـنت‌لوئیس (St.Leuis college of pharmacy) طـی مقـالات متعدد بـه موضوع لزوم متناسـب بودن تحصیلات پیش داروسـازی (Prepharmacy) با تحصیلات حرفه‌ای داروسازی (Professional Curriculum) پرداختـه و ایـن مهـم را در برنامـه کورس فیزیک این دانشـکده پیـاده نمـوده اسـت. مقالـه حاضر با اسـتفاده از مقالات ایشـان تهیه شده تا شاید بتواند راهنمایی برای ایجاد تغییرات مشـابه برای متناسـب شدن مطالب کورس فیزیـک با تحصیلات حرفه‌ای در دانشـکده‌های داروسازی ایران باشـد. البته، این موضـوع اختصاص به فیزیک ندارد و برای سـایر کورس‌های علوم پایه که در دوره پیش داروسازی دانشـکده‌های داروسـازی تدریس می‌شـوند نیز مطـرح اسـت زیـرا ACPE (انجمـن تحصیلات داروسـازی آمریکا) برای پذیرش بهتر برنامه‌های حرفه‌ای نیاز به تدریس کورس‌های پیش حرفه‌ای (Preprofessional) مثـل بیولـوژی، آناتومـی فیزیولوژی، شـیمی عمومی، شـیمی آلی، شیمی تجزیه و ریاضیات را توصیه کرده است.

در دانشکده داروسازی سنت‌لوئیس، دانشجویان طی شش سال تحصیلات داروسازی، دو سال را در ارتباط با تحصیلات پیش حرفه‌ای می‌گذرانند. با توجه به این که دانشجویان ارتباطی بین کورس‌های

پیش حرفه‌ای و کورس‌های حرفه‌ای (داروسازی) پیدا نمی‌کردند، بعضی از اعضا دانشکده، مسؤولیت به وجود آوردن ارتباط بین این کورس‌ها را به عهده گرفته‌اند که مقاله آقای McCall در ارتباط با تغییر در کورس فیزیک برای هر چه مناسب‌تر کردن آن با کورس‌های حرفه‌ای می‌باشد که در یکی از مقالات ایشان به متناسب‌سازی در دو عنوان ویژه فیزیکی یعنی سیالات (مایعات) و واپاشی یا شکستگی هسته‌ای مورد بحث قرار گرفته است.

در دانشکده داروسازی سنت‌لوئیس، کورس آموزشی فیزیک سال‌ها مشابه کورس‌های فیزیک در دانشکده‌های دیگر بوده و مثال‌های کاربردی کمی درباره بدن انسان یا علوم پزشکی در آن دیده می‌شود. امروزه کورس فیزیک این دانشکده تغییر یافته و شامل اغلب عناوین یک کورس فیزیک متداول است ولی تاکید ویژه‌ای روی کاربردها در بدن انسان و سایر کورس‌های بیومدیکال دارد. در ضمن رفرانس‌ها در ارتباط با داروسازی فارماکوکینتیک و ارزیابی مطالعات تحقیقی می‌باشد. عناوین موجود در کورس فیزیک دانشکده داروسازی شامل: مکانیک کلاسیک و حرکت بدن انسان، استاتیک و دینامیک مایع مربوط به فشار جریان مایع و مایعات داخل وریدی، ترمودینامیک مربوط به دمای بدن، تب، هدایت گرمایی پوست کالری غذا و ظرفیت گرما، خواص موج شامل تولید صدا توسط طناب‌های صوتی، شناسایی صدا توسط گوش، مقدار شدت صدا و استفاده از مسددهای سوراخ‌های گوش، الکترونیک مربوط به پتانسیل غشاء و پتانسیل عمل، نورشناسی چشم با تمرکز بر مشکلات بینایی و روش‌های اصلاح مثل عینک‌ها و شکستگی (واپاشی) هسته‌ای شامل اثرات بیولوژیک رادیاسیون (تابش) و مصرف رادیو داروها (radiopharmceuticals) می‌باشد. در این مقاله دو عنوان سیالات (مایعات) و واپاشی (شکستگی) هسته‌ای به‌صورت مفصل‌تری بحث شده که از دیدگاه سیستم جریانی و انتخاب اپتیمال عوامل درمانی مثل رادیوایزوتوپ‌ها برای درمان تومورهای سرطانی (بدخیم) مهم می‌باشند.

■ فیزیک سیالات

مفاهیم اساسی در ارتباط با مایعات در حال سکون وحرکت به دانشجویان آموزش داده می‌شود با این هدف که این موضوعات در بدن انسان چه کاربردی دارند. فشار که غالباً به‌صورت نیرو به سطح تعریف می‌شود به سه دلیل مورد بحث قرار می‌گیرد: فشار مربوط به وزن یک مایع، فشار مربوط به نیروی خارجی روی یک مایع محصور و فشار مربوط به برخورد مولکول‌ها با خود و مولکول‌های ظرف. علت اول، با توجه به این واقعیت مورد توجه است که در اعماق مختلف از یک مایع، با افزایش عمق، فشار روی شی غوطه‌ور افزایش می‌یابد (با توجه به افزایش وزن مایع ایجادکننده نیرو روی سطح شی غوطه‌ور). این مفهوم نشان می‌دهد که چرا وقتی یک شخص غوطه‌ور در ته استخر آب قرار می‌گیرد فشار روی گوش‌های او افزایش می‌یابد. هم‌چنین وقتی از فشار هوا صحبت می‌شود منظور عبارت از وزن هوا روی سطح کره زمین یا در ارتفاع ۳۳۰۰۰ پا، روی سطح یک هواپیما است. چرا وقتی شخص روی پاهای خود راه می‌رود مچ پاها متورم می‌شود. فشار خون در مچ پا می‌تواند تا

۱۰۰ میلی‌متر جیوه بیشتر از فشارخون نرمال باشد. معادله فشار به‌صورت:

$$P = \rho gh$$

است که در آن P نشان‌دهنده فشار، ρ دانسیته خون، g شتاب جاذبه زمین و h فاصله قلب یا پا را نشان می‌دهد.

علت دوم، فشار در مایعات مربوط به نیروی خارجی اعمال شده روی یک مایع محصور در یک ظرف است. مثال ساده می‌تواند بالونی باشد که آن‌را فشار می‌دهیم. فشار در بالون بالا می‌رود و شاید به اندازه‌ای برسد که موجب ترکیدن بالون باشد. وقتی شخصی در حال سرفه کردن است چه اتفاقی در فشار در ریه می‌افتد. دیافراگم بالا می‌آید تا فضای داخل ریه را تحت فشار قرار دهد در حالی‌که گلو بسته می‌شود تا مسیر فرار را مسدود کند. این عمل باعث افزایش قابل توجه فشار می‌شود. وقتی فشار خارجی روی کیسه اعمال شود یا نیرویی روی پیستون یک سرنگ (Plunger of a syringe) اعمال شود، انتقال خون و تزریقات دارو سریع‌تر اتفاق می‌افتد.

علت سوم، فشار در مایعات مربوط می‌شود به تداخل مولکول‌ها بین خودشان یا بین مولکول‌های مایع و مولکول‌های ظرف که در ضمن حرکت و برخورد به همدیگر ایجاد می‌شود. این مورد عمدتاً مربوط به گازها می‌شود و بحث قوانین مختلف گاز را شامل می‌گردد. در ضمن، یک کاربرد در ریه‌ها و نیز موقع انقباض و شل شدن عضله قلب در حین انجام ریتم طبیعی خود، دارد.

مثال‌های دیگر درباره فشار و بدن انسان شامل مثانه در موقع پر و خالی بودن آن، در ارتباط با بزرگ شدن پروستات و مشکل خالی کردن مثانه، کره چشم و گلوکوم (آب سیاه چشم)، این که داروها به چه صورت باعث کاهش فشار داخل چشم و تسکین علایم گلوکوم می‌شوند، مغز با توجه به هیدروسفالی (تجمع مایع در داخل جمجمه) و درمان دارویی آن و استخوان‌ها و مفاصل با بحث درباره دانسیته استخوان و پوکی استخوان می‌باشند.

یکی دیگر از مفاهیم اصلی، حرکت مایعات است که به نام دینامیک مایع (Fluid dynamics) نامیده می‌شود. دانشجویان درباره میزان جریان (Flow rate) یا حجم جریان مایع در واحد زمان و ویسکوزیته مطالبی را یاد می‌گیرند و این که برای حرکت وجود یک فشار مداوم ضروری است زیرا که انرژی از بین می‌رود. موضوع با تعمیم به جریان خون در سیستم گردش خون (سیستمیک و روی) بحث می‌شود. محاسبات برای نشان دادن این که جریان خون در آئورت چقدر سریع است و در مویرگ‌ها چقدر به آهستگی جریان می‌یابد، انجام می‌گیرد. معادله به کار رفته به نام معادله سرعت جریان (flow rate equation) نامیده می‌شود:

$$A_1V_1 = A_2V_2$$

که در این معادله A_1 و A_2 مساحت سطح مقطع دو مقطع متفاوت سیستم و V_1 و V_2 سرعت خون در این مقطع‌ها می‌باشد. این معادله نشان می‌دهد که حجم خون جاری شده در سیستم جریانی در زمان کوتاه ثابت است.

جدول (۱) مقایسه مساحت سطح مقطع (Cross-sectional area) و سرعت خون و میزان

جدول ۱ ـ مقایسه جریان خون در عروق مختلف سیستم گردش خون

Location	Cross-sectional Area	Speed of Blood	Floe Rate
aorta	3 cm2	30 cm/s	90 cm3/s
arteries	100 cm2	0.9 cm/s	90 cm3/s
capillaries	900 cm2	0.1 cm/s	90 cm3/s
veins	200 cm2	0.45 cm/s	90 cm3/s
vena cava	18 cm2	5 cm/s	90 cm3/s

جریـان در عروق مختلف سیســتم جریان خون را نشان می‌دهد. میزان جریان حجمی از خون است که در واحد زمان از یک مقطع می‌گذرد.

در این مبحث، برای دانشجویان مثالی درباره انتقال خون (Blood transfusion) به یک بیمار بیان می‌شود. خون باید از یک کیسه آویزان از یک میله و از طریق یک لوله‌ای که به یک سوزن وصل است وارد یک ورید در بازوی بیمار می‌شود. از دانشجویان پرسیده می‌شود که چرا از یک ورید و نه یک شریان استفاده می‌شود. در این‌جا مفاهیم مهم مختلف مثل تغییر فشار با عمق، حجم میزان جریان و قانون poiseuille مطرح می‌شوند. این قانون با معادله زیر مرتبط است:

$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8 \eta L}$$

که در آن Q میزان جریان بوده و بستگی به ابعاد فیزیکی سوزن و اختلاف فشار در طول سوزن و ویسکوزیته خون (η) دارد. اگر بیماری ۵۰۰ میلی‌لیتر خون را در ۳۰ دقیقه دریافت کند در پایان انتقال واحد خون، دانشجویان باید قادر باشند نشان دهند که برای یک سرسوزن با اندازه مشخص، ارتفاع کیسه از سوزن موجود در بازوی بیمار باید حدود ۰/۵ متر باشد (اگر فشار در ورید صفر فرض شود). اگر فشار در ورید صفر نباشد (مثلاً ۲۰ میلی‌متر جیوه) باید نشان داده شود که ارتفاع کیسه از سوزن باید حدود ۱ متر باشد. دانشجویان یاد می‌گیرند که در این‌جا سوزن یک عامل محدودکننده سرعت (Rate-limiting factor) است در این مورد اندازه‌های متفاوت سوزن ویسکوزیته‌ها یا مایعات متفاوت و تفاوت در وضعیت بیمار یا موقعیت سوزن مهم می‌باشند.

در قانون Poiseuille بررسی وابستگی میزان جریان و شعاع لوله نیز مهم است. زیرا که شعاع لوله در معادله توان ۴ دارد. این وابستگی بسیار شدید است به این معنی که اگر شعاع لوله ۲ برابر شود و بقیه پارامترها ثابت بمانند میزان جریان ۱۶ برابر خواهد شد. در ارتباط با بدن می‌توان نشان داد که بر طبق اصول فیزیکی، اگر شعاع یک شریان کرونر تنگ شده فقط ۲۰ درصد افزایش یابد در این صورت میزان جریان بیشتر از ۱۰۰ درصد افزایش خواهد یافت. جدول ۲ این وابستگی را به وضوح

نشان می‌دهد.

از دانشجویان درباره روش‌های مختلف افزایش شعاع شریان تنگ شده کرونر پرسش می‌شود: مثل جراحی بای‌پس (Bypass surgery) ،ballon angioplasty ،stint یا مصرف داروهای گشادکننده عروق کرونر، که بعدها این اطلاعات در کارهای تجربی آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

■ واپاشی هسته‌ای (Nuclear Decay)

فیزیک هسته‌ای (Nuclear physics) موضوع وسیعی است که شاخه‌ای از آن یعنی طب هسته‌ای (Nuclear medicine) در تشخیص و درمان بیماری‌ها نقش مهمی دارد. داشتن اطلاعات درباره اصول فیزیک هسته‌ای برای دانشجویان ضروری است. عناوین اصلی در کورس فیزیک این قسمت شامل مفاهیم بنیادی مثل ایزوتوپ‌ها انواع اشعه هسته‌ای و سرعت شکستگی (واپاشی) نیمه عمر و هم‌چنین کاربردها در سلامتی و پزشکی، واحد دوز، تکنیک‌های تشخیصی و روش‌های درمان می‌باشد. دانشجویان درباره آرایش هسته‌ای، نیروی قوی که پروتون‌ها و نوترون‌ها را کنار هم نگه‌داشته و علایم هسته‌ای مثل پولونیوم ۲۱۰ (۲۱۰P) مطالبی را یاد می‌گیرند. هم‌چنین اطلاعاتی درباره ایزوتوپ‌های عناصر فرا می‌گیرند که تعداد پروتون‌های برابر ولی تعداد نوترون‌های متفاوت دارند (مثل ^{131}I، ^{128}I، ^{14}C، ^{12}C). آن‌ها یاد می‌گیرند که ایزوتوپ‌های یک عنصر خواص شیمیایی یکسان دارند. بعضی از ایزوتوپ‌ها دارای هسته پایدار بوده ولی بعضی دیگر هسته ناپایدار دارند که باعث رادیواکتیو شدن (پرتوزایی) می‌شود. رادیاسیون (تابش) معمولاً یکی از سه نوع رادیاسیون آلفا، بتا و گاما است. در این قسمت انواع دیگر فرآیندهای هسته‌ای مانند نشر نوترون (Neutron emission) یا Electron capture (گیراندازی الکترونی) و اصطلاحاتی مثل هسته اصلی (Parent nucleous) و هسته فرعی (Daughter nucleus) و معادلات واپاشی هسته‌ای نیز مورد بحث قرار می‌گیرند و دانشجویان یاد می‌گیرند که چگونه هسته اصلی به یک هسته فرعی شکسته شده و رادیاسیون منتشر می‌شود.

جدول ۲ ـ ثال برای وابستگی شدید میزان جریان به شعاع لوله با استفاده از قانون poiseuille

Change Radius	Multiplicative Factor for Radius	Multiplicative Factor for Flow Rate	Change of Flow Rate
10% increase	1.1	1.46	46% increase
20% increase	1.2	2.07	107% increase
10% decrease	0.9	0.66	34% decrease
20% decrease	0.8	0.41	59% decrease
100% increase	2	16	1500% increase

به‌عنوان مثال در معادله واپاشی هسته‌ای پلوتونیوم (Pu) با ۹۴ پروتون و ۲۴۲ نوکلئون، وقتی هسته اصلی شکسته شده و هسته فرعی یعنی اورانیوم (U) با ۹۲ پروتون و ۲۳۸ نوکلئون و ذرات آلفا (هسته هلیوم با ۲ پروتون و ۴ نوکلئون) ایجاد می‌شود تعداد کل پروتون‌ها و نوکلئون‌ها ثابت می‌ماند:

$$^{242}_{94}Pu \longrightarrow ^{238}_{92}U + ^{4}_{2}He$$

مثال دیگر معادله واپاشی تکنسیم (Technetium-99m) است که اشعه گاما ساطع می‌کند:

$$^{99m}_{43}TC \longrightarrow ^{99}_{43}TC + \gamma$$

که در این واکنش حرف «m» نماینده Metastable به معنی شبه‌پایدار یا نیم‌پایدار بوده و نشان‌دهنده حالت تحریک شده تکنسیم می‌باشد.

در واپاشی هسته‌ای پارامترهای مختلف مورد بحث هستند. سرعت واپاشی (Decay rate) یا Activity عبارت از تعداد شکستگی‌ها در واحد زمان است. واحدهای سرعت واپاشی (Units of dacay rate) شامل کوری (Ci) و بکورل (Bq) می‌باشند. نیمه عمر یک ایزوتوپ (Half-life of an isotope) زمانی است که شمار مواد رادیواکتیو (پرتوزا) به نصف تقلیل پیدا کند. نیمه عمرهای ایزوتوپ‌های مختلف از کمتر از $۱۰^{-۱۵}$ (Femtosecond) تا بیلیون‌ها سال می‌باشد.

خاصیت نمایی (Exponential behavior) واپاشی پرتوزا شامل حال تعداد هسته‌های ترکیب اصلی در نمونه رادیواکتیو، جرم نمونه و فعالیت نمونه می‌شود. معادله نمایی (Exponential equation) به‌صورت تابعی از زمان برحسب فعالیت $R_{(t)}$ نوشته می‌شود.

$$R_{(t)} = R_0 e^{-\lambda t}$$

که در آن R_0 فعالیت ماده اولیه در زمان صفر $R_{(t)}$ فعالیت در زمان t و λ ثابت واپاشی است که وابسته به نیمه عمر نمونه رادیواکتیو می‌باشد. وقتی درباره اثرات بیولوژیک رادیاسیون بحث می‌شود، ۳ نوع اصلی رادیاسیون با هم مقایسه می‌گردند. دانشجویان یاد می‌گیرند که ذرات آلفا حجیم بوده و حرکت آهسته دارند و به علت جذب آسان، بیشترین آسیب را به بافت بیولوژیک وارد می‌کنند.

ذرات بتا شامل الکترون‌ها (Beta minus) و پوزیترون‌ها (Beta plus of antielectrons) جرم کمتری داشته و سریع حرکت می‌کنند و به علت این که به آسانی ذرات آلفا جذب نمی‌شوند آسیب کمتری ایجاد می‌کنند. ذرات گاما امواج الکترومغناطیسی یا فوتون‌ها هستند که با سرعت نور حرکت می‌کنند و به آسانی جذب نمی‌شوند و آسیب کمی ایجاد می‌کنند. این که ذرات بتا و گاما به آسانی جذب نمی‌شوند به این معنی نیست که کلاً آسیب ایجاد نمی‌کنند. هر رادیاسیونی (رادیاسیون یونیزه‌کننده) در بافت انسان جذب شده و قادر به ایجاد آسیب می‌باشد. آسیب به بافت

انسان به این معنی است که رادیاسیون می‌تواند ایجاد سرطان کرده یا می‌تواند برای درمان سرطان به کار رود.

پرتوگیری (Exposure) یا قرار گرفتن بدن در معرض اشعه آلفا باعث آسیب پوست می‌شود ولی آسیب به بافت‌های دیگر محدود است. وقتی ماده رادیواکتیو ایجادکننده ذرات آلفا مثل پولونیوم رادیواکتیو (۲۱۰Po) همراه مواد غذایی خورده شود معده و اعضا دیگر را هم در معرض تابش قرار می‌دهد که موجب آسیب کافی برای کشتن شخص می‌شود. مرگ جاسوس شوروی سابق در اثر مسموم کردن او با پولونیوم رادیواکتیو از راه خوراکی مثال خوبی برای این مورد می‌باشد. مقدار رادیاسیون جذب شده توسط بافت‌های انسان با دو واحد بیان می‌شود. واحد اول rad می‌باشد که معادل ۰/۰۱J/kg است و ۱۰۰ راد برابر یک gray (Gy) می‌باشد. یک راد اشعه آلفا حدود ۲۰ برابر یک راد اشعه گاما آسیب ایجاد می‌کند. واحد دوم اندازه‌گیری رادیاسیون جذب شده rem است که یک rem از هر نوع رادیاسیون تقریبا مقدار برابر آسیب به بافت‌های انسان ایجاد می‌کند که آن‌را effective dose می‌نامند. در این قسمت درباره حداکثر مقادیر پرتوگیری (Maximum exposure values) (۵ rem در یک سال و ۳ rem در طول ۳ ماه) و نیز مقادیر پرتوگیری در ساکنین آمریکا (حدود ۴۰۰ میلی‌رم در سال) مطالبی به دانشجویان گفته می‌شود. در حدود نصف این مقادیر از گاز رادون استنشاق شده منشا می‌گیرد که در مناطق جغرافیایی وسیعاً متغیر است. جدول (۳) مقادیر منابع رادیاسیون را نشان می‌دهد.

دانشجویان پس از یادگیری مفاهیم فیزیکی

جدول ۳ ـ مقادیر منابع رادیاسیون در ساکنان آمریکا

Source fo Radiation	Dose (millirem/year)
Natural Background Radiation	
Cosmic rays	28
Radioactive earth and air	28
Internal radioactive nuclei (^{14}C, ^{40}K)	39
Inhaled radon	~200
Man-made Radiation	
Consumer products	10
Medical/dental diagnostics	39
Nuclear medicine	14
Total	**~360**

رادیاسیون هسته‌ای، درباره کاربردهای پزشکی و به ویژه تکنیک‌های درمانی و تشخیص آموزش داده می‌شوند.

□ تکنیک‌های درمانی

شامل موارد زیر می‌باشند:

■ درمان سرطان با استفاده از دستگاه‌های خارجی (External devices) مولد اشعه ایکس یا اشعه گاما مثل کبالت (^{60}Co)، چاقوی گاما (Gamma Knife) و Cyber Knife. نفوذ عمیق این نوع رادیاسیون اجازه به درمان بافت‌های زیر سطح پوست مثل تومورهای مغزی و غیره را می‌دهد.

■ درمان سرطان با استفاده از وسیله داخلی (Internal devices) که منتشر کننده‌های ذرات بتا می‌باشند. این روش به نام براکی‌تراپی (Brachytherapy) نامیده می‌شود که در آن ماده رادیواکتیو در اشیایی موسوم به seeds یا ribons قرار داده شده و در داخل یا نزدیک تومور کاشته می‌شوند زیرا ذرات بتا آسان‌تر از اشعه گاما جذب می‌شوند.

■ رادیوایمونوتراپی (RIT) از منتشرکننده‌های بتا مثل ایتریم ۹۰ (Yttrium 90) برای درمان لنفومای و ^{131}I (رادیوید) برای درمان سرطان تیرویید استفاده می‌شود.

■ مواد مسکن مثل ^{98}Sr (سترونتیوم) و ^{153}Sm (ساماریوم) که برای تسکین درد مربوط به بیماری استخوانی به کار می‌رود.

■ درمان داخل رگ که از رادیاسیون ایجاد شده از رادیوایزوتوپ قرار داده شده در کاتتر (سوند) استفاده می‌شود. رادیاسیون در شریان‌های کرونری به پلاک‌ها تابیده و از بسته شدن مجدد (Reclosing) آن‌ها جلوگیری می‌کند.

□ کاربردهای تشخیصی

کاربردهای تشخیصی عمدتاً شامل رادیو داروها است که توسط عضو یا سیستم هدف برداشت شده و رادیاسیون منتشر می‌کند که توسط دستگاه‌های مختلف موسوم به توموگرافی تصویر تهیه می‌شود. مثال برای این نوع تکنیک‌های تشخیصی عبارت‌اند از:

■ SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) که رادیاسیون (تابش) گاما را اندازه‌گیری می‌کند.

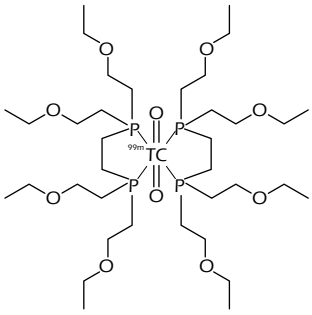
■ PET (Positron Emission Tomography) که تابش پوزیترون (بتا ـ پلاس) را اندازه‌گیری می‌کند.

■ آشکارسازهای اشعه ایکس (x-ray detectors) که اشعه ایکس منتشر شده پس از الکترون گیراندازی (electron caputre) را اندازه‌گیری می‌کند.

■ آشکارسازهای الکترون

با استفاده از کیت Myoview به‌عنوان مثال می‌توان همه عناوین فوق‌الذکر را یک جا بررسی نمود. Myoview نام تجاری (برند) تکنسیم ^{99m}Tc تتروفوسمین است که این دارو در پزشکی هسته‌ای برای تصویربرداری از قلب به کار می‌رود. در این ترکیب رادیوایزوتوپ تکنسیم ـ ۹۹m توسط عوامل دی‌فسفوفین (Diphosphine) شلاته شده است (شکل ۱).

Tc-99-tetrofosmin به سرعت توسط عضله قلب برداشت شده و در عرض ۵ دقیقه غلظت آن



شکل ۱ـ ساختمان شیمیایی
99m-Tc-tetrofosmin

در عضله قلب به حداکثر می‌رسد. این دارو در موارد مختلف کاربرد دارد:

- تصویربرداری سنتی گرافیک عضله قلب تحت شرایط استرس و استراحت. این دارو برای تعیین وسعت مناطق ایسکمیک و بافت نکروزه شده در قلب به کار می‌رود.
- برای نشان دادن تغییرات در پرفوزیون ناشی از استرس فارماکولوژیک (آدنوزین) در بیماران مبتلا به بیماری شریان کرونری
- برای به دست آوردن میزان کارآیی بطن چپ (Ejection fraction) در بیماران مبتلا به بیماری قلبی

دوز توصیه شده برای Tc-99m tetrofosmin که یک انتشاردهنده گاما است یک ماشین SPECT برای تعیین جریان خون در عروق کرونر به کار می‌رود. برگه اطلاعاتی که همراه کیت وجود دارد شامل توضیحاتی درباره مشخصات فیزیکی تکنسیم رادیواکتیو مثل انرژی ذرات گاما و چارت واپاشی که نشان‌دهنده ماده باقی‌مانده بر اساس نیمه عمر ^{99m}TC می‌باشد. جدول (۴) فهرست چارت واپاشی موجود در برگه اطلاعات Myoview می‌باشد.

با ذکر مثال، سودمندی چارت ضمیمه کیت مشخص می‌شود. فرض کنید که به بیماری ۰/۲۳mg تتروفوسمین تزریق شود. پس از گذشت ۲ ساعت حدود ۰/۷۹۲ × ۰/۲۳=۰/۱۸mg تتروفوسمین پرتوزا (رادیواکتیو) در بدن بیمار وجود خواهد داشت. برای زمان‌های بیشتر از ۱۲ ساعت بخش باقی‌مانده از طریق دیگر محاسبه می‌شود. به‌عنوان مثال، برای تعیین بخش باقی‌مانده در ۱۶ ساعت، فرکشن ۱۲ ساعت به بخش ۴ ساعت ضرب می‌شود.

۰/۲۵۲ × ۰/۶۳۱ = ۰/۱۵۹

جدول ۳ ـ چارت واپاشی TC-99m کیت myoview

Hours*	Fraction Remaining
0	1.000
1	0.891
2	0.795
3	0.708
4	0.631
5	0.563
6	0.502
7	0.447
8	0.399
9	0.355
10	0.317
11	0.282
12	0.252
24	0.063

این اطلاعات در تحصیلات بعدی دانشجویان به ویژه در کورس داروسازی هسته‌ای (Nuclear pharmacy) سودمند واقع می‌شود.

■ بحث و نتیجه‌گیری

قبل از ایجاد تغییرات مناسب با تحصیلات داروسازی در کورس فیزیک دانشکده داروسازی سنت‌لوئیس، برخورد دانشجویان با این کورس معمولاً منفی بوده است، زیرا آن‌ها مطالب کورس فیزیک را مشکل، غیرقابل توجه و بدون ارتباط با کورس‌های دیگر خود به ویژه با تحصیلات داروسازی برآورد می‌کردند. با متناسب شدن محتوای کورس فیزیک با تحصیلات داروسازی تفکر دانشجویان عوض شده و در نظرخواهی از آن‌ها کورس جدید را بسیار جالب، قابل فهم و قابل استفاده برای تحصیلات حرفه‌ای برآورد کرده‌اند. نتیجه‌گیری می‌شود که تحصیلات پیش داروسازی شامل کورس‌هایی است که دانشجویان را در به دست آوردن مهارت‌ها، دانش‌ها و تفکرات کمک می‌کند و آن‌ها را به موفق شدن در تحصیلات حرفه‌ای خود به ویژه برای حل کردن مشکلات سر راه قادر می‌سازند. فیزیک یکی از کورس‌های پیش‌داروسازی است که از زمان ایجاد تغییر در جهت متناسب بودن کورس با تحصیلات حرفه‌ای داروسازی با استقبال بیشتر دانشجویان روبه‌رو بوده است، زیرا دانشجویان احساس می‌کنند که مطالب تدریس شده در کورس‌های آتی آن‌ها کاربرد سودمند داشته و در زندگی حرفه‌ای آن‌ها به‌عنوان داروساز حرفه‌ای (Professional pharmacist) اثر مثبت می‌گذارد.

منابع

1. McCall RP. Physics in The pre-pharmacy curriculum. Am J Pham Educ 2000; 64: 297-301

2. Parsons WH. Physics: Its place in the pharmaceutical curriculum. Am J Pham Educ 1967; 31: 504-511

3. Pub med central. Relevance fo physics to the pharmacy major. Am J Pham Educ 2007; 71(14): 70

4. http://en.Wikipedia.org/wiki/Technetium-(99mTc)-Tetrofosmin