با هم بیندیشیم

۱ـ داده‌های جدول زیر را به دقت بررسی کنید؛ سپس به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

نماد ایزوتوپ / ویژگی ایزوتوپ	${}_{1}^{1}H$	${}_{1}^{2}H$	${}_{1}^{3}H$	${}_{1}^{4}H$	${}_{1}^{5}H$	${}_{1}^{6}H$	${}_{1}^{7}H$
نیم‌عمر	پایدار	پایدار	۱۲/۳۲ سال	$۱/۴\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه	$۹/۱\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه	$۲/۹\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه	$۲/۳\times۱۰^{-۲۳}$ ثانیه
درصد فراوانی در طبیعت	۹۹/۹۸۸۵	۰/۰۱۱۴	ناچیز	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)

آ) چه شباهت‌ها و چه تفاوت‌هایی میان این ایزوتوپ‌ها وجود دارد؟

ب) یک نمونهٔ طبیعی از عنصر هیدروژن، مخلوطی از چند ایزوتوپ است؟

پ) نیم‌عمر هر ایزوتوپ نشان می‌دهد که آن ایزوتوپ تا چه اندازه پایدار است. کدام ایزوتوپ هیدروژن از همه ناپایدارتر است؟

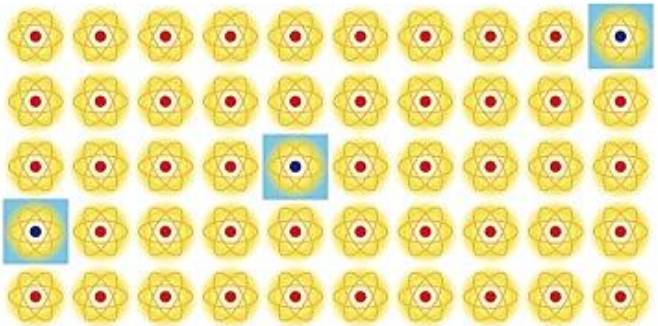
ت) هستهٔ ایزوتوپ‌های ناپایدار، ماندگار نیست و با گذشت زمان متلاشی می‌شود. این ایزوتوپ‌ها پرتوزا هستند و اغلب بر اثر تلاشی افزون بر ذره‌های پرانرژی، مقدار زیادی انرژی نیز آزاد می‌کنند. انتظار دارید چند ایزوتوپ هیدروژن پرتوزا باشد؟

ث) اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آنها برابر یا بیش از ۱/۵ باشد، ناپایدارند و با گذشت زمان متلاشی می‌شوند. چند ایزوتوپ هیدروژن دارای این ویژگی است؟

ج) اگر ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار، **رادیوایزوتوپ**[۱] نامیده شود، چه تعداد از ایزوتوپ‌های هیدروژن، رادیوایزوتوپ به شمار می‌رود؟

چ) **درصد فراوانی**[۲] هر ایزوتوپ در طبیعت نشان‌دهندهٔ چیست؟ توضیح دهید.

۲ـ شکل زیر شمار تقریبی اتم‌های لیتیم را در یک نمونه طبیعی از آن نشان می‌دهد. با توجه به آن، درصد فراوانی هر یک از ایزوتوپ‌های لیتیم را حساب کنید.



${}_{3}^{6}Li$ ${}_{3}^{7}Li$

۱- Radioisotope ۲- Fractional Abundance

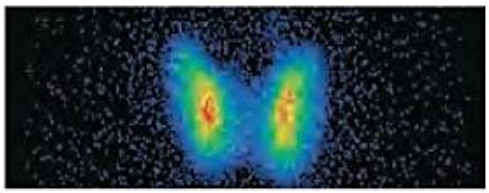
آیا می‌دانید

در میان ایزوتوپ‌های کربن، ${}^{14}C$ خاصیت پرتوزایی دارد و با استفاده از آن سن اشیای قدیمی و عتیقه‌ها را تخمین می‌زنند؛ برای نمونه پژوهشگران می‌پنداشتند که کشور مصر مهد صنعت فرش‌بافی بوده است؛ اما با پیدا شدن فرشی به نام پازیریک (Pazyryk) در کوه‌های سیبری و تعیین قدمت آن با استفاده از ${}^{12}C$، مشخص شد که این فرش به ۲۵۰۰ سال پیش تعلق دارد و مهد آن ایران بوده است.

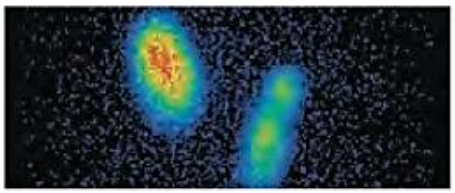
تکنسیم، نخستین عنصر ساخت بشر

از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شود؛ این بدان معنا است که ۲۶ عنصر دیگر ساختگی است. شیمی‌دان‌ها همواره با یافتن کاربردهای منحصر به فرد هر عنصر، انگیزهٔ کافی برای ساختن عنصرهای جدید را داشته‌اند. تکنسیم ($^{99}_{43}Tc$) نخستین عنصری بود که در **واکنشگاه(راکتور)**[1] هسته‌ای ساخته شد. این رادیوایزوتوپ در تصویربرداری پزشکی کاربرد ویژه‌ای دارد (شکل ۴).

(آ)



(ب)



(پ)

شکل ۴ـ آ) غدهٔ پروانه‌ای‌شکل تیروئید در بدن انسان ب) تصویر غدهٔ تیروئید سالم
پ) تصویر غدهٔ تیروئید ناسالم

همهٔ ^{99}Tc موجود در جهان باید به‌طور مصنوعی و با استفاده از واکنش‌های هسته‌ای ساخته شود. از آنجا که نیم عمر آن کم است و نمی‌توان مقادیر زیادی از این عنصر را تهیه و برای مدت طولانی نگهداری کرد، بسته به نیاز، آن را با یک مولد هسته‌ای تولید و سپس مصرف می کنند.

ما می‌توانیم

رادیوایزوتوپ‌ها اگرچه بسیار خطرناک هستند، اما پیشرفت دانش و فناوری، بشر را موفق به مهار و بهره‌گیری از آنها کرده است، به طوری که از آنها در پزشکی، کشاورزی و سوخت در نیروگاه‌های اتمی استفاده می‌شود. **اورانیم** شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزایی است که یکی از ایزوتوپ‌های آن، اغلب به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی به‌کار می‌رود (شکل ۵).

● نمونه‌ای از یک مولد رادیو ایزوتوپ تکنسیم

● هنگام عکس‌برداری از دندان‌ها در رادیولوژی باید با استفاده از پوشش‌های سربی از غده تیروئید در برابر پرتوهای پرانرژی و خطرناک محافظت کرد.

● از تکنسیم ($^{99}_{43}Tc$) برای تصویربرداری غدهٔ تیروئید استفاده می‌شود زیرا یون یدید با یونی که حاوی $^{99}_{43}Tc$ است، اندازهٔ مشابهی دارد و غدهٔ تیروئید هنگام جذب یدید، این یون را نیز جذب می‌کند. با افزایش مقدار این یون در غدهٔ تیروئید، امکان تصویربرداری فراهم می‌شود.

۱- Reactor

شکل ۵ـ یکی از کاربردهای مواد پرتوزا، استفاده از آنها در تولید انرژی الکتریکی است.

● کیمیاگری (تبدیل عنصرهای دیگر به طلا) آرزوی دیرینهٔ بشر بوده است. با پیشرفت علم شیمی و فیزیک، انسان می‌تواند طلا تولید کند اما هزینهٔ تولید آن به‌اندازه‌ای زیاد است که صرفهٔ اقتصادی ندارد.

این ایزوتوپ، ^{235}U بوده که فراوانی آن در مخلوط طبیعی از ۰/۷ درصد کمتر است. دانشمندان هسته‌ای ایران با تلاش بسیار موفق شدند مقدار آن را در مخلوط ایزوتوپ‌های این عنصر افزایش دهند. به این فرایند، **غنی‌سازی ایزوتوپی**[1] گفته می‌شود؛ فرایندی که یکی از مراحل مهم چرخهٔ تولید سوخت هسته‌ای است. با این کامیابی ستودنی، نام ایران در فهرست ده‌گانهٔ کشورهای هسته‌ای جهان ثبت شد. با گسترش این صنعت می‌توان بخشی از انرژی الکتریکی مورد نیاز کشور را تأمین نمود (شکل ۶).

شکل ۶ـ برخی رادیوایزوتوپ‌های تولید شده در ایران

اما جالب است بدانید که پسماند راکتورهای اتمی هنوز خاصیت پرتوزایی دارد و خطرناک است؛ از این رو دفع آنها از جمله چالش‌های صنایع هسته‌ای به شمار می‌آید.

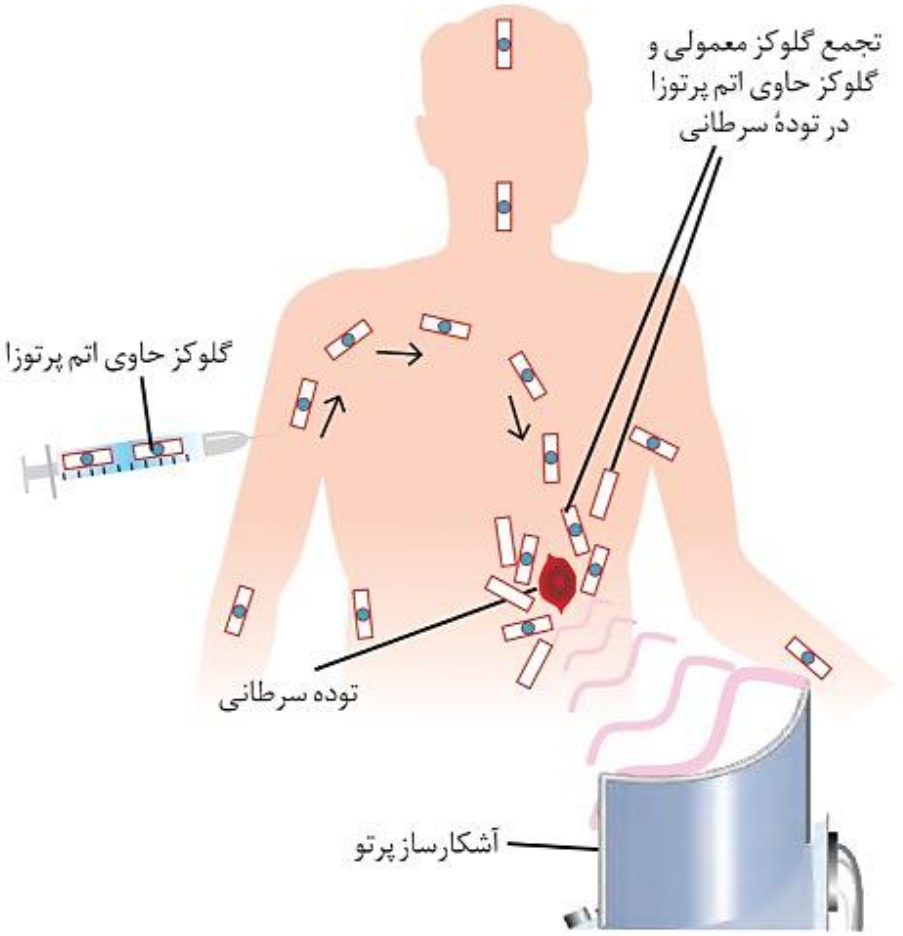
آیا می‌دانید

^{59}Fe یک رادیوایزوتوپ است و در تصویربرداری از دستگاه گردش خون به‌کار می‌رود زیرا یون‌های آن درساختار هموگلوبین وجود دارند.

۱- Isotopic Enrichment

با هم بیندیشیم

توده‌های سرطانی، یاخته‌هایی هستند که رشد غیرعادی و سریع‌تری دارند. شکل زیر اساس استفاده از رادیوایزوتوپ‌ها را برای تشخیص نوعی تودهٔ سرطانی نشان می‌دهد. با بررسی آن، فرایند تشخیص بیماری را توضیح دهید.



● به گلوکز حاوی اتم پرتوزا، گلوکز نشان‌دار می‌گویند.

● دود سیگار و قلیان، مقدار قابل‌توجهی مواد پرتوزا دارد. از این‌رو اغلب افرادی که به سرطان ریه دچار می‌شوند، سیگاری هستند.

آیا می‌دانید

پژوهش‌ها نشان می‌دهد که مقادیر بسیار کمی از مواد پرتوزا در همه جا یافت می‌شود. البته میزان پرتوهای

ب) شباهت‌ها و تفاوت‌های میان ایزوتوپ‌ها

شباهت	تفاوت
عدد اتمی (تعداد پروتون)	عدد جرمی
تعداد الکترون	جرم اتمی
خواص شیمیایی	تعداد نوترون
موقعیت در جدول دوره‌ای و آرایش الکترونی	خواص فیزیکی وابسته به جرم مانند چگالی، نقطهٔ ذوب، نقطهٔ جوش و...

پ) رادیوایزوتوپ‌ها

اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها $(\frac{N}{P})$ برابر یا بیشتر از ۱/۵ باشد، ناپایدارند و با گذشت زمان متلاشی می‌شوند. این ایزوتوپ‌ها پرتوزا هستند و اغلب بر اثر تلاشی افزون بر ذره‌های پرانرژی، مقدار زیادی انرژی نیز آزاد می‌کنند، به‌همین دلیل این ایزوتوپ‌ها را **ایزوتوپ‌های پرتوزا** یا **رادیوایزوتوپ‌ها** می‌نامند.

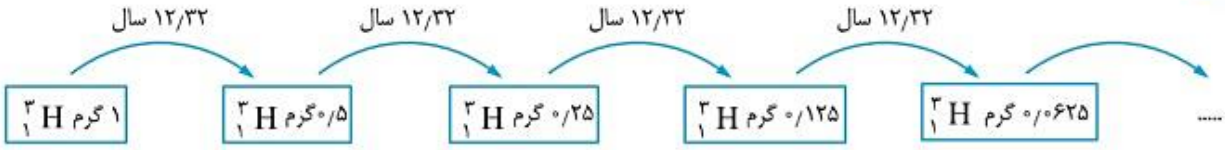
مثلاً در مورد $^{2}_{1}H$ و $^{3}_{1}H$: $^{3}_{1}H$ یک رادیوایزوتوپ است. $^{2}_{1}H \Rightarrow \frac{N}{P}=\frac{1}{1}=1<1/5$ $^{3}_{1}H \Rightarrow \frac{N}{P}=\frac{2}{1}=2>1/5 \Rightarrow$

نکته **ممکن است نسبت $(\frac{N}{P})$ برای هستهٔ اتمی کم‌تر از ۱/۵ باشد، ولی هسته برخلاف تصور ناپایدار بوده و پرتوزا باشد، مثل هستهٔ ایزوتوپ تکنسیم-۹۹ $(^{99}_{43}Tc)$ یا ممکن است برای یک هستهٔ پایدار، این نسبت $(\frac{N}{P})$ بزرگ‌تر یا مساوی ۱/۵ باشد.**

(ایزوتوپی پرتوزا) $^{99}_{43}Tc \Rightarrow \frac{N}{P}=\frac{99-43}{43}=\frac{56}{43}\simeq 1/3<1/5$

نیم‌عمر یک ایزوتوپ پرتوزا مدت زمانی است که طول می‌کشد تا نیمی از هسته‌های ناپایدار آن متلاشی شده و به هسته‌های پایدارتر تبدیل شوند. نیم‌عمر هر ایزوتوپ نشان می‌دهد که آن ایزوتوپ تا چه اندازه پایدار است.

مثال: **نیم‌عمر ایزوتوپ $^{3}_{1}H$ برابر ۱۲/۳۲ سال است، بنابراین اگر ۱ گرم از ایزوتوپ $^{3}_{1}H$ داشته باشیم، خواهیم داشت:**



مسائل نیم‌عمر

برای حل مسائل نیم‌عمر می‌توانیم از فرمول‌های زیر هم کمک بگیریم:

$$2^{n}=\frac{\text{مقدار اولیه}}{\text{مقدار باقیمانده}}$$

$$n=\frac{\Delta t}{T}$$

n: تعداد دفعاتی که مقدار ماده پرتوزا نصف می‌شود.

Δt: زمان کل فرایند

T: زمان نیم‌عمر ماده پرتوزا

ت) ایزوتوپ‌های هیدروژن

نماد ایزوتوپ / ویژگی ایزوتوپ	$^{1}_{1}H$	$^{2}_{1}H$	$^{3}_{1}H$	$^{4}_{1}H$	$^{5}_{1}H$	$^{6}_{1}H$	$^{7}_{1}H$
نیم‌عمر	پایدار	پایدار	۱۲/۳۲ سال	$1/4\times10^{-22}$ ثانیه	$9/1\times10^{-22}$ ثانیه	$2/9\times10^{-22}$ ثانیه	$2/3\times10^{-23}$ ثانیه
درصد فراوانی در طبیعت	۹۹/۹۸۸۵	۰/۰۱۱۴	ناچیز	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)

۱ یک نمونهٔ طبیعی از عنصر هیدروژن مخلوطی از سه ایزوتوپ $^{1}_{1}H$، $^{2}_{1}H$ و $^{3}_{1}H$ است. در میان این ایزوتوپ‌ها، دو ایزوتوپ $^{1}_{1}H$ و $^{2}_{1}H$ پایدار و غیرپرتوزا بوده و ایزوتوپ $^{3}_{1}H$ پرتوزاست.

۲ مقایسهٔ درصد فراوانی ایزوتوپ‌های طبیعی هیدروژن به‌صورت مقابل است: $^{1}_{1}H > ^{2}_{1}H > ^{3}_{1}H$: درصد فراوانی

۳ هیدروژن دارای چهار ایزوتوپ ساختگی شناخته شده نیز هست: $^{4}_{1}H, ^{5}_{1}H, ^{6}_{1}H, ^{7}_{1}H$

این ایزوتوپ‌ها پرتوزا و ناپایدارند و نیم‌عمر بسیار کوتاهی دارند: $^{5}_{1}H > ^{6}_{1}H > ^{4}_{1}H > ^{7}_{1}H$: مقایسهٔ نیم‌عمر و پایداری ایزوتوپ‌های ساختگی هیدروژن

۴ پایدارترین رادیوایزوتوپ هیدروژن، رادیوایزوتوپ طبیعی آن یعنی $^{3}_{1}H$ است که نیم‌عمر ۱۲/۳۲ سال دارد.

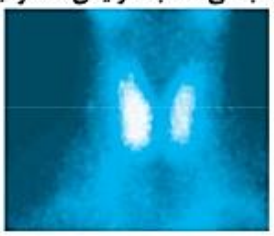
ث) عنصرهای ساخت دست بشر (عناصر مصنوعی یا غیرطبیعی)

- با ایجاد تغییر در هسته اتم‌ها، طی انجام واکنش‌های هسته‌ای در راکتورها (واکنشگاه‌ها)، می‌توان عنصرهای جدیدی را ساخت و ایجاد کرد.
- از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شود؛ این بدان معناست که ۲۶ عنصر دیگر ساختگی است.

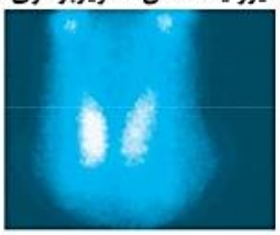
۱) استفاده در تصویربرداری پزشکی و تشخیص و درمان بیماری‌ها (استفاده از رادیوداروها)

مثال: **استفاده از عنصر تکنسیم ($^{99}_{43}Tc$) برای تصویربرداری از غده تیروئید. نخستین عنصر ساخت بشر، تکنسیم ($^{99}_{43}Tc$) است. این رادیوایزوتوپ در تصویربرداری پزشکی کاربرد ویژه‌ای دارد. یون یدید با یونی که حاوی ($^{99}_{43}Tc$) است، اندازهٔ مشابهی دارد و غده تیروئید هنگام جذب یدید، این یون را نیز جذب می‌کند. با افزایش مقدار این یون در غدهٔ تیروئید، امکان تصویربرداری فراهم می‌شود.**

غدهٔ پروانه‌ای شکل تیروئید در بدن انسان



غدهٔ تیروئید سالم



غدهٔ تیروئید ناسالم

نکته **از آن‌جا که نیمه‌عمر یا زمان ماندگاری عنصر ($^{99}_{43}Tc$)، کم است و نمی‌توان مقادیر زیادی از این عنصر را تهیه و برای مدت زمان طولانی نگهداری کرد، بسته به نیاز، آن را با یک مولد هسته‌ای تولید و سپس مصرف می‌کنند.**

نکته **با این‌که نسبت $\frac{N}{P}$ در اتم تکنسیم ($^{99}_{43}Tc$)، کوچک‌تر از ۱/۵ است، ولی این هسته خاصیت پرتوزایی داشته و ناپایدار است.**

مثال: **استفاده از گلوکز حاوی اتم پرتوزا که به گلوکز نشان‌دار معروف است، برای تشخیص و شناسایی توده‌های سرطانی.**

گلوکز نشان‌دار شده مانند گلوکزهای غیرنشان‌دار در متابولیسم سلول‌ها مصرف می‌شود. از آن‌جا که سلول‌های سرطانی رشد و تکثیر غیرطبیعی و بیشتری نسبت به سلول‌های سالم دارند، مصرف گلوکز در این سلول‌ها به مراتب بیشتر از سلول‌های سالم است، بنابراین سلول‌های سرطانی گلوکز بیشتری را جذب و استفاده می‌کنند. استفاده از یک دستگاه آشکارساز برای ثبت پرتوهای رادیواکتیو ناشی از گلوکز نشان‌دار، می‌تواند مشخص کند که غلظت گلوکز در کدام اندام یا بافت بدن بیشتر بوده و به تشخیص تومور یا سرطان کمک کند.

۲) استفاده از مواد پرتوزا در تولید انرژی الکتریکی

مثال: **اورانیم، شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزایی است که یکی از ایزوتوپ‌های آن ($^{235}_{92}U$)، اغلب به‌عنوان سوخت در راکتورهای اتمی به‌کار می‌رود.**

فراوانی این ایزوتوپ در مخلوط طبیعی اورانیم کم‌تر از ۰/۷٪ است، بنابراین در یکی از مراحل مهم چرخهٔ تولید سوخت هسته‌ای یعنی مرحلهٔ **غنی‌سازی ایزوتوپی**، مقدار ایزوتوپ ($^{235}_{92}U$) را در مخلوط ایزوتوپ‌های این عنصر افزایش می‌دهند تا درصد آن برای استفاده در راکتور هسته‌ای مناسب شود.

نکته **پس از استفاده از اورانیم در نیروگاه‌های هسته‌ای، موادی بر جا می‌ماند که به آن پسماند (زباله) هسته‌ای می‌گویند. پسماندهای راکتورهای اتمی هنوز خاصیت پرتوزایی دارند و خطرناک هستند، از این رو دفع آن‌ها از جمله چالش‌های صنایع هسته‌ای به شمار می‌آید.**

نکته **دود سیگار و قلیان، مقدار قابل توجهی مواد پرتوزا دارد؛ از این رو اغلب افرادی که به سرطان ریه دچار می‌شوند، سیگاری هستند.**

نکته **با توجه به شکل صفحه ۸ کتاب درسی، عنصر فسفر (P) دارای حداقل یک رادیوایزوتوپ ناپایدار و پرتوزا است.**

تمرین: داده‌های جدول زیر را به دقت بررسی کنید، سپس به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید:

ویژگی / نماد ایزوتوپ	$^{1}_{1}H$	$^{2}_{1}H$	$^{3}_{1}H$	$^{4}_{1}H$	$^{5}_{1}H$	$^{6}_{1}H$	$^{7}_{1}H$
نیم‌عمر	پایدار	پایدار	۱۲/۳۲ سال	$۱/۴\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه	$۹/۱\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه	$۲/۹\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه	$۲/۳\times۱۰^{-۲۳}$ ثانیه
درصد فراوانی در طبیعت	۹۹/۹۸۸۵	۰/۰۱۱۴	ناچیز	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)

الف) چه شباهت‌ها و چه تفاوت‌هایی میان این ایزوتوپ‌ها وجود دارد؟

ب) یک نمونهٔ طبیعی از عنصر هیدروژن، مخلوطی از چند ایزوتوپ است؟

پ) کدام ایزوتوپ هیدروژن از همه ناپایدارتر و کدام پایدارتر است؟

ت) چه تعداد از ایزوتوپ‌های هیدروژن، رادیوایزوتوپ به شمار می‌رود؟

ث) ترتیب پایداری ایزوتوپ‌های هیدروژن به چه صورت است؟

ج) عنصر هیدروژن چند رادیوایزوتوپ دارد؟

چ) عنصر هیدروژن چند ایزوتوپ پرتوزای طبیعی دارد؟

ح) ترتیب نیم‌عمر ایزوتوپ‌های هیدروژن به چه صورت است؟

خ) پایدارترین رادیوایزوتوپ هیدروژن کدام است؟

د) پایدارترین رادیوایزوتوپ ساختگی هیدروژن کدام است؟

۱۸- اتم‌های یک عنصر، در کدام دو مورد، ممکن است با هم تفاوت داشته باشند؟

۱) تعداد نوترون‌ها و عدد جرمی
۲) تعداد نوترون‌ها و تعداد الکترون‌ها
۳) عدد اتمی و تعداد الکترون‌ها
۴) عدد اتمی و عدد جرمی

۱۹- چون اندازه‌گیری با دستگاه طیف‌سنج جرمی، نشان داده است که جرم همه اتم‌های یک عنصر، برابر ..... در نتیجه، شمار .....های آن باید ..... باشد و از آن‌جا موضوع ایزوتوپ‌ها مطرح شد. (سراسری خارج از کشور ریاضی)

۱) است- پروتون- برابر
۲) است- نوترون- برابر
۳) نیست- پروتون- نابرابر
۴) نیست- نوترون- نابرابر

۲۰- کدام‌یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟

۱) عنصر ماده‌ای است که از یک نوع اتم تشکیل شده باشد.
۲) درصد فراوانی هر ایزوتوپ در طبیعت نشان‌دهنده پایداری ایزوتوپ است.
۳) همه اتم‌ها در هسته خود، دارای پروتون و نوترون هستند.
۴) ایزوتوپ‌ها دارای آرایش الکترونی و خواص شیمیایی یکسان هستند.

۲۱- چند مورد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

الف) اغلب در یک نمونه طبیعی از عنصری معین، اتم‌های سازنده، جرم یکسانی ندارند.

ب) خواص شیمیایی اتم‌های هر عنصر به عدد اتمی آن وابسته است.

پ) تعداد ذرات زیراتمی سازنده همه اتم‌های منیزیم، یکسان است.

ت) یک نمونه طبیعی از لیتیم، شامل مخلوطی از دو هم‌مکان با خواص فیزیکی و شیمیایی یکسان است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۲۲- چه تعداد از عبارت‌های زیر در مورد ایزوتوپ‌های طبیعی دو عنصر منیزیم ($_{12}Mg$) و لیتیم ($_{3}Li$)، درست است؟

الف) منیزیم دارای ۳ ایزوتوپ طبیعی و لیتیم دارای ۲ ایزوتوپ طبیعی است.

ب) در هر دو عنصر، ایزوتوپ سبک‌تر پایداری بیشتری دارد.

پ) هر دو عنصر، دارای ایزوتوپی هستند که در آن شمار ذرات زیراتمی الکترون، پروتون و نوترون با هم برابرند.

ت) اختلاف شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها در فراوان‌ترین ایزوتوپ لیتیم برابر ۱ است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۲۳- کدام عبارت زیر نادرست است؟

۱) اغلب هسته‌هایی که نسبت تعداد نوترون‌ها به پروتون‌های آن برابر یا بیش از ۱/۵ باشد، ناپایدارند.
۲) نیم‌عمر هر ایزوتوپ نشان می‌دهد که آن ایزوتوپ تا چه اندازه پایدار است.
۳) یک نمونه طبیعی از عنصر هیدروژن، مخلوطی از سه ایزوتوپ است که ۲ تای آن‌ها رادیوایزوتوپ هستند.
۴) هسته ایزوتوپ‌های ناپایدار، ماندگار نیست و با گذشت زمان متلاشی می‌شود و افزون علاوه بر ذره‌های پرانرژی، مقدار زیادی انرژی نیز آزاد می‌کنند.

۲۴- کدام گزینه نادرست است؟

۱) از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شود.
۲) اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها برابر یا بیشتر از ۱/۵ باشد، با گذشت زمان متلاشی می‌شوند.
۳) نیم‌عمر هر ایزوتوپ با پایداری آن نسبت معکوس دارد.
۴) عنصر $_{43}Tc$ فاقد ایزوتوپ پایدار است و در طبیعت وجود ندارد.

۲۵- کدام موارد از مطالب زیر در مورد عنصر $^{99}_{43}Tc$ نادرست‌اند؟

الف) همهٔ ^{99}Tc موجود در جهان باید به‌طور مصنوعی و با استفاده از واکنش‌های هسته‌ای ساخته شوند.

ب) عنصری پرتوزاست و نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌ها در آن بیش از ۱/۵ است.

پ) در تصویربرداری پزشکی کاربرد ویژه‌ای دارد.

ت) می‌توان مقادیر زیادی از این عنصر را با یک مولد هسته‌ای تولید و برای مدت طولانی نگهداری کرد.

۱) الف و ب ۲) پ و ت ۳) الف و پ ۴) ب و ت

۲۶- کدام عبارت در مورد ایزوتوپ‌های طبیعی و ساختگی هیدروژن نادرست است؟

۱) در میان هفت ایزوتوپ طبیعی و ساختگی هیدروژن، تنها دو ایزوتوپ پایدار وجود دارد.

۲) بیشترین نیم‌عمر و درصد فراوانی مربوط به ایزوتوپی از هیدروژن است که فاقد نوترون می‌باشد.

۳) یک نمونه طبیعی از عنصر هیدروژن مخلوطی از سه ایزوتوپ است.

۴) اختلاف درصد فراوانی دو ایزوتوپ سبک‌تر هیدروژن، بسیار ناچیز است.

۲۷- چند مورد از عبارت‌های زیر درست‌اند؟

الف) از رادیوایزوتوپ‌ها در پزشکی، کشاورزی و تولید انرژی الکتریکی استفاده می‌شود.

ب) در فرآیند غنی‌سازی ایزوتوپی، درصد فراوانی ایزوتوپی از عنصر ^{92}U را که ۱۴۶ نوترون در هسته دارد، در مخلوط ایزوتوپ‌های این عنصر افزایش می‌دهند.

پ) پسماند راکتورهای اتمی دیگر خاصیت پرتوزایی ندارند و کاملاً بی‌خطرند.

ت) نیم‌عمر عنصر تکنسیم کم است و نمی‌توان مقادیر زیادی از این عنصر را تهیه و برای مدت طولانی نگهداری کرد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۲۸- با توجه به داده‌های جدول زیر، کدام عبارت‌ها درست‌اند؟

نماد ایزوتوپ / ویژگی ایزوتوپ	$^{1}_{1}H$	$^{2}_{1}H$	$^{3}_{1}H$	$^{4}_{1}H$	$^{5}_{1}H$	$^{6}_{1}H$	$^{7}_{1}H$
نیم‌عمر	پایدار	پایدار	۱۲/۳۲ سال	$۱/۴\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه	$۹/۱\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه	$۲/۹\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه	$۲/۳\times۱۰^{-۲۳}$ ثانیه

الف) همه ایزوتوپ‌های هیدروژن، تعداد ذرات زیراتمی باردار یکسانی دارند.

ب) ترتیب پایداری ایزوتوپ‌های ساختگی هیدروژن به‌صورت $^{7}_{1}H > ^{6}_{1}H > ^{5}_{1}H > ^{4}_{1}H$ است.

پ) ایزوتوپی از هیدروژن که تعداد ذرات زیراتمی آن با هم برابر است، بیشترین درصد فراوانی را در طبیعت داراست.

ت) ایزوتوپی از هیدروژن که دو ذره بنیادی خنثی دارد، رادیوایزوتوپ طبیعی هیدروژن به‌شمار می‌آید.

۱) الف و ب ۲) پ و ت ۳) الف و ت ۴) ب و پ

۲۹- کدام موارد از مطالب زیر، نادرست‌اند؟

الف) با افزایش جرم اتمی در ایزوتوپ‌های طبیعی هیدروژن، درصد فراوانی آن‌ها، کاهش می‌یابد.

ب) $^{99}_{43}Tc$ نخستین عنصر از ۲۸ عنصر ساختگی است که در واکنشگاه (راکتور) هسته‌ای ساخته می‌شود.

پ) عنصر مس مانند عنصر هیدروژن، دارای ایزوتوپ پرتوزا و ناپایدار است.

ت) درصد فراوانی ایزوتوپ شناخته شده‌ترین فلز پرتوزا که از آن به‌عنوان سوخت راکتورهای اتمی استفاده می‌شود، کمتر از ۷ درصد در مخلوط طبیعی آن است.

۱) الف و ب ۲) ب و پ ۳) الف و ت ۴) ب و ت

۳۰- چند مورد از عبارت‌ها و نمادهای زیر، جدول را به‌درستی تکمیل می‌کند؟

ویژگی‌ها و کاربردها	مواد پرتوزا و رادیوایزوتوپ‌ها
نخستین عنصری بود که در واکنشگاه (راکتور) هسته‌ای ساخته شد.	الف
ب	گلوکز نشان‌دار
پ	^{99}Tc
از آن به‌عنوان سوخت راکتور اتمی استفاده می‌شود.	ت

الف) اورانیم

ب) مانند گلوکز معمولی توسط سلول‌های بدن جذب می‌شود و با پرتوهای منتشر شده از آن به‌وسیله دستگاه آشکار ساز، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پ) به‌دلیل تشابه اندازه یون آن با یون یدید برای تصویربرداری از غده تیروئید استفاده می‌شود.

ت) ^{238}U

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۳۱- همهٔ عبارت‌های زیر درست‌اند، به جز .....

۱) حدود ۲۲٪ از عنصرهای شناخته شده مصنوعی بوده و در طبیعت یافت نمی‌شوند.

۲) ایزوتوپ‌های اورانیم همانند عنصر تکنسیم تنها در راکتورهای اتمی ساخته می‌شوند.

۳) در بین ایزوتوپ‌های ساختگی هیدروژن، $^{5}_{1}H$ از همه پایدارتر و $^{7}_{1}H$ از همه ناپایدارتر است.

۴) یکی از مراحل مهم چرخهٔ تولید سوخت هسته‌ای، افزایش مقدار ایزوتوپ ^{235}U در مخلوط ایزوتوپ‌های اورانیم است.

۳۲- چه تعداد از عبارت‌های زیر در مورد هفت ایزوتوپ شناخته شدهٔ هیدروژن، درست است؟

الف) نسبت شمار نوترون به پروتون در همهٔ ایزوتوپ‌های ناپایدار آن بیشتر از ۱/۵ است.

ب) از میان این هفت ایزوتوپ، چهار ایزوتوپ آن ساختگی است و در طبیعت یافت نمی‌شوند.

پ) همهٔ رادیوایزوتوپ‌های آن، نیم‌عمر کوتاهی در حدود چند ثانیه دارند.

ت) با افزایش عدد جرمی، نیم‌عمر ایزوتوپ‌ها به‌طور منظم، کاهش می‌یابد.

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱