به نام خدایی که هست من است
گچ اکنون دوباره به دست من است

المپیادهای شیمی

کمبریج

(۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱)

گردآوری و تألیف:

رضا کریمی

مهدی قربانی فشتالی

سرشناسه	:	کریمی، رضا، ۱۳۷۶
عنوان و نام پدیدآور	:	المپیادهای شیمی کمبریج (۲۰۱۱ - ۲۰۲۱)/گردآوری و تألیف رضا کریمی، مهدی قربانی‌فشتالی ؛ سرگروه تالیف مرتضی خلینا. رسم تصاویر حدیثه یوسفیان.
مشخصات نشر	:	تهران: انتشارات گچ، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری	:	۱۲۸ ص. : مصور (رنگی) ، نمودار؛ ۲۲×۲۹ س‌م.
شابک	:	۹۷۸ - ۶۲۲ - ۷۴۰۶ - ۳۳ - ۷
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
موضوع	:	المپیادها (شیمی) / Olympiads (Chemistry)/ شیمی -- مسابقه‌ها / Chemistry -- Competitions / شیمی -- آزمون‌ها و تمرین‌ها / Chemistry -- Examinations, questions, etc
شناسه افزوده	:	قربانی، مهدی، ۱۳۷۵
شناسه افزوده	:	خلینا، مرتضی، ۱۳۶۲
شناسه افزوده	:	یوسفیان، حدیثه، ۱۳۶۹
رده‌بندی کنگره	:	QD۴۲
رده‌بندی دیویی	:	۵۴۰/۷۶
شماره کتابشناسی ملی	:	۹۴۲۲۱۵۴
اطلاعات رکورد کتابشناسی	:	فیپا

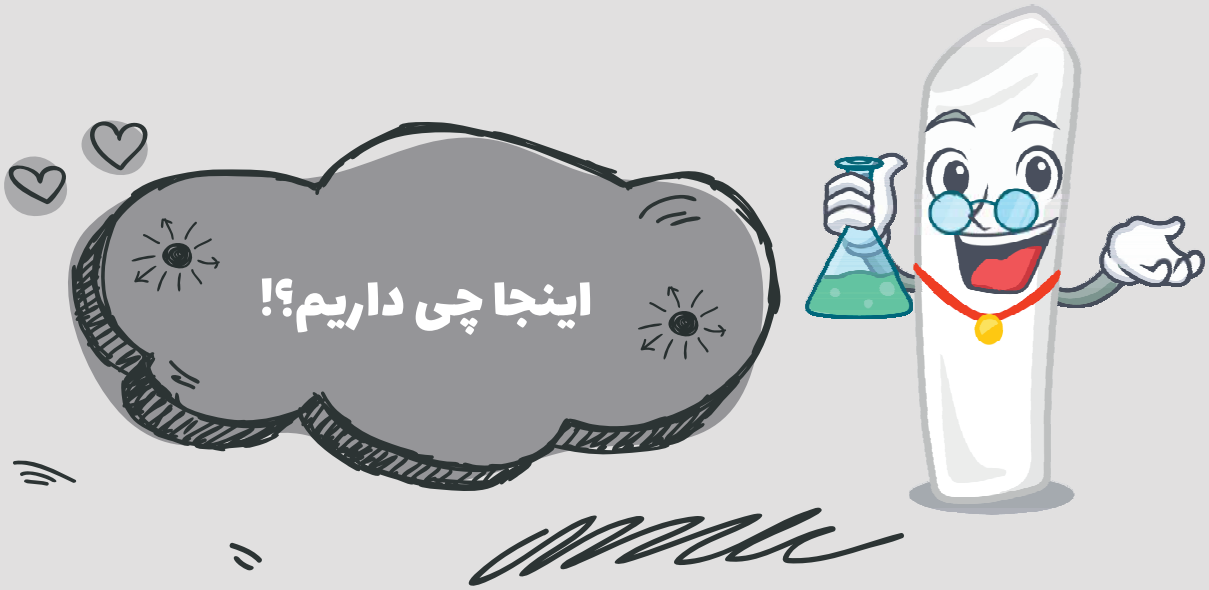
المپیادهای شیمی کمبریج

(۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱)

✓ اسامی مولفان:	رضا کریمی- مهدی قربانی فشتالی
✓ ناشر:	انتشارات گـچ
✓ سرگروه تألیف:	دکتر مرتضی خلینا
✓ مدیر اجرایی:	بهزاد تقوی مطلق
✓ حروف‌چینی و صفحه‌آرایی:	فریده بحری‌نژاد
✓ رسم تصاویر:	حدیثه یوسفیان
✓ طراحی جلد:	ماریا بحری‌نژاد
✓ نوبت و سال چاپ:	اول- زمستان ۱۴۰۲
✓ شمارگان:	۱۲۰۰ نسخه
✓ قیمت:	۱۲۵۰۰۰ تومان
✓ شابک:	۹۷۸-۶۲۲-۷۴۰۶-۳۳-۷

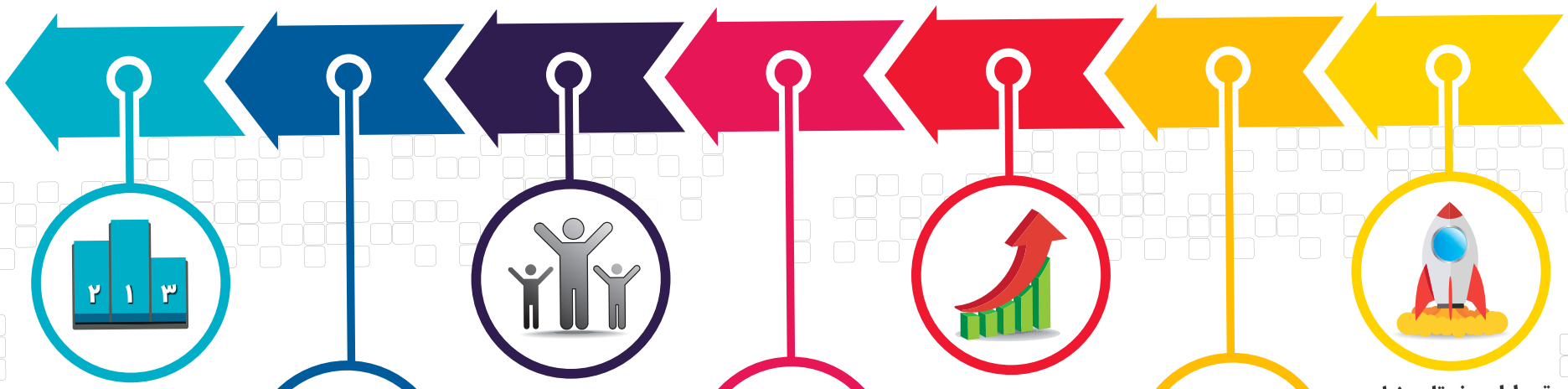
email: info@irysc.com | www.irysc.com | ۰۲۱۹۱۰۹۶۳۲۰

کلیهٔ حقوق این اثر برای انتشارات گچ محفوظ است. انتشار، تکثیر و ذخیره‌سازی تمام یا بخشی از آن به هر صورت (چاپ، الکترونیکی و ...) با هر هدفی بدون مجوز کتبی از ناشر، غیرقانونی است و پیگیرد دارد.



موضوع	سؤالش کجاست؟	جوابش کجاست؟
آزمون سال ۲۰۱۱	۹	۱۴
آزمون سال ۲۰۱۲	۱۷	۲۳
آزمون سال ۲۰۱۳	۲۷	۳۳
آزمون سال ۲۰۱۴	۳۷	۴۴
آزمون سال ۲۰۱۵	۴۹	۵۶
آزمون سال ۲۰۱۶	۵۹	۶۶
آزمون سال ۲۰۱۷	۷۱	۷۸
آزمون سال ۲۰۱۸	۸۳	۸۹
آزمون سال ۲۰۱۹	۹۵	۱۰۲
آزمون سال ۲۰۲۰	۱۰۹	۱۱۳
آزمون سال ۲۰۲۱	۱۱۷	۱۲۳

یک سالِ المپیادی از اولین قدم تا مدال جهانی با آیریسک



ترم اول صفر تا بی‌نهایت

در یک فصل (هشت تا ده هفته)، حدود نیمی از مطالب مورد نیاز برای شرکت در مرحله اول و دوم المپیاد مورد نظر آموزش داده می‌شود.

ترم دوم صفر تا بی‌نهایت

در یک فصل (هشت تا ده هفته)، نیمی دیگر از مطالب مورد نیاز برای شرکت در مرحله اول و دوم المپیاد مورد نظر آموزش داده می‌شود و شما برای شرکت در هر دو آزمون آماده می‌شوید.

ماراتن‌های المپیادی

ماراتن‌های المپیاد به صورت مبحثی و جامع (آنلاین و حضوری) در سراسر ایران برگزار می‌شود تا دانش‌پژوهان با تفکر در ایده‌های جدید، نقاط قوت خود را بشناسند و نقاط ضعف را در یک رقابت پرنشاط و پرجایزه برطرف کنند.

جمع‌بندی مرحله اول المپیاد

در بازه‌ی دو هفته مانده تا آزمون‌های مرحله اول، دوره‌های جمع‌بندی و حل سؤال برگزار می‌شود. این دوره برای دانش‌پژوهانی که مطالب ترم اول و دوم را مطالعه کرده‌اند، بسیار مفید است و فوت‌های آخر کوزه‌گری را توسط مدال‌آوران تازه‌نفس و با تجربه به ایشان می‌آموزد.

شبیه‌ساز المپیاد

آزمون‌های آزمایشی پر سابقه، با بزرگ‌ترین جامعه‌ی آماری کشور که همیشه پر از سؤالات جدید و ایده‌های ناب بوده است، شما را برای شرکت در آزمون‌های مرحله اول و دوم باشگاه دانش‌پژوهان جوان به طور کامل آماده می‌کند.

اردوهای مبحثی پیشرفته

بعضی از مباحث همیشه در سؤالات المپیاد جا خوش کرده‌اند و هر چه بر این مطالب مسلط‌تر باشید، موفقیت به شما نزدیک‌تر است برای این مطالب برنامه‌های ویژه داریم. در دوره‌های کوتاه‌مدت با موفق‌ترین المپیادی‌های ایران همراه باشید تا یک راه میانبرِ جدید پیدا کنید.

دوره برنز تا طلای کشوری

بعد از قبولی در مرحله‌ی دوم، همچنان نیاز به آموزش هست تا رنگ مدالِ شما بهترین رنگ ممکن باشد. در این دوره همراهِ بچه‌های مدال‌آورِ ایران هستیم تا مثل همیشه بچه‌های آیریسک خوش بدرخشند.

www.irysc.com

IRanian Young Scholars Club

سخن ناشر

بالاتر و بالاتر!

هزاران سال قبل از اینکه «تالس» به دنبال چیستی جهان باشد و «رازی» و «بیرونی» ساختار مواد را بررسی کنند، یون‌های فلزات واسطه گل‌ها و میوه‌ها را رنگ می‌کردند. انسان‌ها از منطق برخوردار بودند و هر کس می‌توانست، اثری تاریخی بر دیواره‌ی غارها حک می‌کرد. آب در چهار درجه‌ی سلسیوس بیشترین چگالی را داشت تا ماهی‌ها بتوانند خونسرد بمانند، اوزون از همه‌ی ما محافظت می‌کرد و خورشید سرچشمه‌ی تمام انرژی‌های زمین بود.

در این بین کسی بود که مراقب نوزادانِ به آب افتاده باشد، پشه‌ها را به سراغ «نمرودها» بفرستد و پاداش هر کار خوبی را حتی اگر به اندازه‌ی ذره‌ای زیر سنگ باشد محاسبه کند. تمام کیمیاگرانِ تاریخ بر این باور بودند که مهم‌ترین واکنشِ جهان، پیوستن به ابدیت است که در نامساعدترین شرایط به شدت منظم و انرژی‌زا است. حالا شما فکر می‌کنید المپیاد، کنکور، مهندسی، پزشکی، تست و نکته و ... در این بین چه جایگاهی دارد؟

به نظرِ ما آیریسکی‌های گچی شده، اگر هدفی درست و حسابی برای اثرگذاری (حتی به اندازه‌ی نقطه‌ای) در تاریخِ جهان نداری، با کتاب و تست و مسابقه هم به جایی نمی‌رسی! امّا اگر هدف داری، برای رسیدن به آن باید دقیق و با برنامه پیش بروی. اینکه الآن بچه‌ی ریاضی هستی یا تجربی یا انسانی، وقتی اهمیت دارد که برای بهترین بودن در این مقطع تلاش کنی وگرنه در هر رشته‌ای بیکار باشی، اسمش برایت بی‌فایده است. البته نه بهترین میان همه، فقط کافیه بهترینِ خودت باشی! تو تنها رقیبِ خودت هستی که اگر هر روز برنده شوی، ارزش زندگی را به خوبی درک کرده‌ای.

ابزارهای زیادی برای رقابتِ شخصی و برنده شدن در این مسیر وجود دارد. سال‌ها تجربه‌ی انسان‌ها، خطای ابزاری را نیز محاسبه کرده و اکنون به بهترین حالت در تاریخ رسیده‌ایم ولی هنوز رو به پیشرفت هستیم، حتماً در سال‌های آینده باز هم بهتر از الآن خواهیم شد. تجربه‌ی آیریسک در همراهی دانش‌پژوهان باعث شده بتوانیم نیازها را به خوبی درک کنیم و ما به تو المپیادهای شیمی آمریکا (منطقه‌ای) را هدیه می‌دهیم. این نردبان می‌تواند تو را از دیوارهای علم بالا ببرد، فقط خیلی حواست باشه اگر بالا رفتی بی‌حواس نباشی که هر چه بالاتر بروی سقوطِ محکم‌تری خواهی داشت. **تهِ تهش یک مدال کشوری و جهانی ارزش هیچ جور بداخلاقی رو نداره!**

سخن مؤلف

خوشبخت بودم که پدر و مادر فوق‌العاده حامی داشتم که به من گفتند توانایی انجام هر کاری را که می‌خواهم در زندگی‌ام دارم. آن‌ها به من یاد دادند که مستقل فکر کنم و ایده‌های خودم را نقد کنم و از من خواستند که در زندگی‌ام کاری ارزشمند انجام دهم، به قول مادرم «به چیزی متوسط راضی نشوم.» حالا متوجه شدم که آن درس‌ها را درونی کردم و آن‌ها بر کار من به عنوان یک دانشمند تأثیر گذاشتند.

«لیندا باک، برنده جایزه نوبل پزشکی سال ۲۰۰۴»

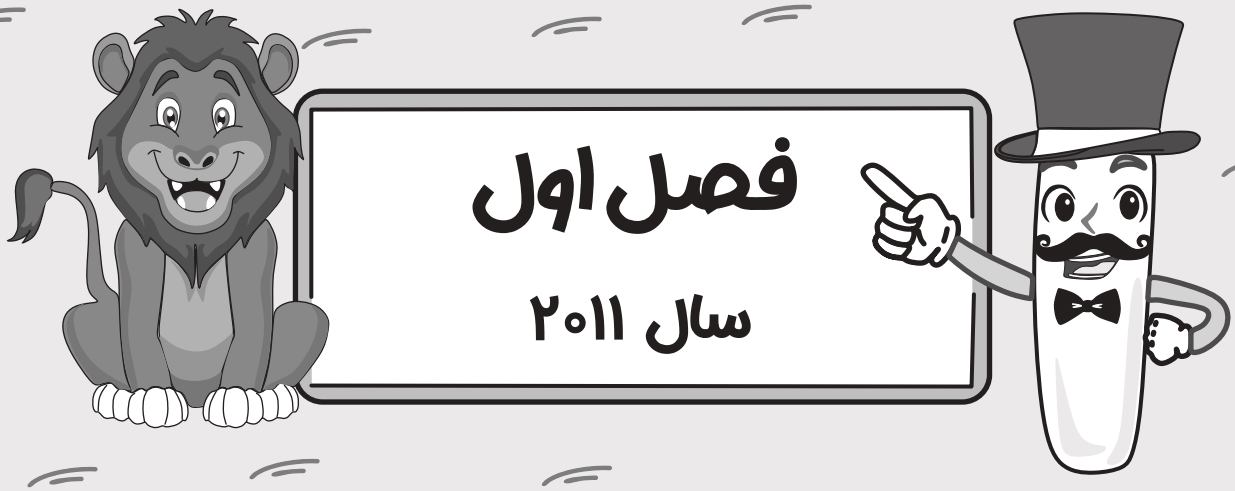
در سال‌هایی نه چندان دور در المپیاد شیمی زمانی‌که صحبت از حل سؤال می‌شد تمامی منابع محدود به چند کتاب می‌شد که اغلب نثر متکلف داشتند و اکثر دانش‌آموزان ارتباط خوبی با آن منابع برقرار نمی‌کردند، اگر هم شروع به خواندن این منابع می‌کردند به دلیل نبود پاسخ‌نامه‌ای جامع و تشریحی برای سؤالات تستی و تشریحی با چالش‌های زیادی مواجه می‌شدند و بعد از مدتی از خیر آن کتاب می‌گذشتند.

در گام بعدی دانش‌آموزان به حل سؤالات کشورهای مختلف روی می‌آوردند؛ کتاب‌هایی از قبیل المپیادهای شیمی آمریکا، کانادا، استرالیا که در دسترس دانش‌آموزان بود نیاز دانش‌آموزان را برطرف نمی‌کرد؛ از یک طرف منابع المپیادهای ایران با این کشورها متفاوت بود از طرفی چون ترجمه‌ی سؤالات این کشورها محدود بود و تداوم نداشت بعد از چند سال این سؤالات برای دانش‌آموزان تکراری شده بود.

با تصمیمی که در مجموعه آیریسک با جناب آقای خلینا گرفته شد با توجه به شرایط موجود المپیادهای ایران و نبود منبعی مناسب برای حل سؤال برای دانش‌آموزان بر آن شدیم تا سؤالات المپیادهای شیمی کشورهای مختلف در سال‌های اخیر را ترجمه کنیم، برای آن پاسخ تشریحی بنویسیم تا منبعی مناسب برای حل سؤالات دانش‌آموزان باشد.

این مجموعه را با المپیادهای شیمی آمریکا شروع کردیم، هر دو مرحله آن کاملاً با المپیادهای شیمی ایران مطابق بود و کار سختی نداشتیم بعد از آن به سراغ بلاروس، هند، استرالیا، کانادا و انگلستان رفتیم تا دانش‌آموزان عزیز با هر سطحی بتوانند یک منبع به روز از سؤالات مختلف داشته باشند.

امید است که این مجموعه برای تمام دانش‌آموزانی که در سراسر ایران هستند مفید باشد.

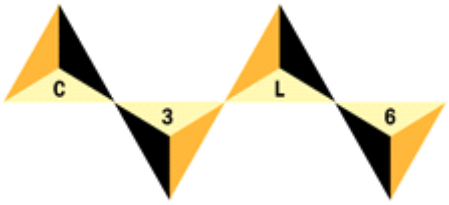


فصل اول

سال ۲۰۱۱

⌘ بخش سؤالات

۱ این سؤال درباره‌ی مولکول‌هایی با فرمول C_3L_6 است.



به طور سنتی، نماد «L» گاهی اوقات در آزمایشگاه به کار می‌رود؛ هنگامی‌که در جست‌وجوی واکنش‌هایی هستیم که ترکیبات دارای هیدروژن «نرمال» (ایزوتوپ ^1H) را با ترکیبات داری دوتریوم (^2H) مقایسه می‌کنند. برای مثال، CF_3OL نمایانگر یکی از دو گونهٔ CF_3O^1H یا CF_3O^2H می‌باشد.

برای بقیهٔ قسمت‌های این مسأله، فرض کنید که «هیدروژن» و نماد «H» فقط نمایانگر ایزوتوپ ^1H و «دوتریوم» و نماد «D» فقط نمایانگر ایزوتوپ ^2H است.

a دو ترکیب با فرمول C_3H_6 وجود دارد. نام آن‌ها را بنویسید و مشخص کنید که به کدام دستهٔ خاص از ترکیبات تعلق دارند.

A که یکی از ایزومرهای C_3H_6 است، مانند همهٔ اعضای موجود در دسته‌اش، به سرعت با برم واکنش می‌دهد تا یک تک محصول به دست دهد. هنگامی‌که A با برم واکنش دهد، ترکیب F تشکیل می‌شود.

b ساختار A و محصول واکنش آن با برم، F را رسم کنید.

ایزومر دوم C_3H_6، B، تعدادی ویژگی منحصر به فرد دارد. اعضای دیگر موجود در همین دسته از ترکیبات، با برم فقط در حضور نور واکنش می‌دهند و HBr را به عنوان محصول جانبی تشکیل می‌دهند. در حالی‌که B در غیاب نور با برم واکنش می‌دهد (ولی خیلی آهسته‌تر از A) و تک محصول G را تشکیل می‌دهد. F و G ایزومر هستند.

c ساختار B و محصول واکنش آن با برم، G را رسم کنید.

آنتالپی‌های استاندارد تشکیلِ، Δ_fH°، هر دو گونهٔ A و B، با اندازه‌گیری آنتالپی استاندارد سوختنِ، Δ_cH°، هر یک از آن‌ها یافته شده است. این مقادیر در جدول زیر، به همراه آنتالپی‌های استاندارد سوختن کربن و هیدروژن داده شده است.

	A	B	کربن	هیدروژن
Δ_cH° / kJ mol^{-1}	−۲۰۵۸	−۲۰۹۱	−۳۹۳٫۵	−۲۴۱٫۸

d i. معادلهٔ سوختن کامل C_3H_6 را بنویسید.

ii. آنتالپی استاندارد تشکیل A را محاسبه کنید.

iii. آنتالپی استاندارد تشکیل B را محاسبه کنید.

لازم است که Bی گازی با احتیاط ذخیره شود؛ زیرا می‌تواند به طور انفجاری به عناصر سازنده‌اش، A و یا هیدروکربن‌های دیگر تبدیل شود.

(e) تغییر آنتالپی استاندارد واکنش $B \rightarrow A$ را محاسبه کنید.

به منظور بررسی مکانیسم تبدیل واکنش $B \rightarrow A$، نمونه‌هایی از ترکیبات که در آن بعضی از هیدروژن‌های نرمال با دوتریوم جایگزین شده بودند، تهیه شدند. هنگام رسم ساختار برای بقیهٔ سؤال، از فرمول اسکلتی استفاده کنید و هیچ‌کدام از اتم‌های هیدروژن را با صراحت رسم نکنید، ولی همهٔ اتم‌های دوتریوم را نشان دهید. همچنین به خاطر داشته باشید که چهار پیوند سادهٔ اطراف یک اتم کربن، به صورت چهار وجهی آرایش می‌یابند. مثال‌هایی از این‌که چگونه ساختارها را به طور درست رسم کنید، برای دو ایزومر $C_2H_3D_2F$ در زیر نشان داده شده‌اند.

ساختار I غلط رسم شده است. پیوند پر رنگ شده، به سمت خارج صفحهٔ کاغذ و پیوند قطعه قطعه شده به سمت داخل است، ولی پیوندها یک شکل چهار وجهی مناسب تشکیل نمی‌دهند.

I

ساختار II درست رسم شده است. در این ترکیب، هر دو اتم دوتریوم در محیط یکسانی هستند.

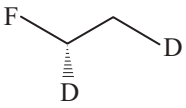
CD_2FCH_3

II

ساختارهای III و IV درست رسم شده‌اند. در هر دو ترکیب، اتم‌های دوتریوم در محیط‌های متفاوتی هستند.

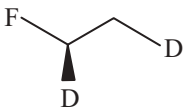
ساختارهای III و IV تصویر آینه‌ای غیرقابل انطباق همدیگر هستند (که انانتیومر نامیده می‌شود). هر کدام از آن‌ها دارای یک اتم کربن با چهار اتم یا گروه متفاوت متصل شده به آن است.

جایگزینی یک اتم هیدروژن در A یا B با دوتریوم، ترکیبات با فرمول C_3H_5D به دست می‌دهد.



$CDFHCH_2D$

IV



$CDFHCH_2D$

III

(f) i. ساختار(های) همه ترکیب‌هایی که می‌توانند از جایگزینی یک H با D، در A تشکیل شوند را رسم کنید.

ii. ساختار(های) همهٔ ترکیباتی که می‌توانند از جایگزینی یک H با D، در B تشکیل شوند را رسم کنید.

اگر دو هیدروژن در A با دوتریوم جایگزین شوند، وجود هفت ساختار با فرمول $C_3H_4D_2$ ممکن است.

این ایزومرها با نام‌های A۱، A۲، A۳، A۴، A۵، A۶ و A۷ برچسب‌گذاری می‌شوند.

در ایزومر A۱، دو اتم دوتریوم در محیط دقیقاً یکسانی هستند. برای همهٔ ایزومرهای دیگر، دو اتم دوتریوم در محیط‌های متفاوتی هستند.

(g) ساختار A۱ را رسم کنید.

همهٔ ایزومرهای A۱ تا A۷ با گاز دوتریوم (D_2) در حضور یک کاتالیزگر فلزی واکنش می‌دهند. در این واکنش دو اتم دوتریوم به مولکول اضافه می‌شوند و ایزومرهایی با فرمول $C_3H_4D_4$ به دست می‌دهند. در طول این فرآیند، بعضی از ایزومرهای A۱ تا A۷ یک تک محصول تشکیل می‌دهند. بقیهٔ ایزومرها، یک زوج از ترکیبات تشکیل می‌دهند (که انانتیومر نامیده می‌شود) که تصویر آینه‌ای غیرقابل انطباق همدیگرند و حاوی یک اتم کربن با چهار استخلاف مختلف متصل به آن می‌باشند.

A۱ بر اثر دوتریوم‌دار کردن، زوجِ انانتیومری X۱ و X۲ را به دست می‌دهد.

(h) ساختارهای X۱ و X۲ را رسم کنید (لازم نیست بگویید که کدام ساختار متعلق به کدام ترکیب است).

ترکیبات A۲ و A۳ نیز بر اثر دوتریوم‌دار شدن، ترکیبات X۱ و X۲ را تشکیل می‌دهند.

(i) ساختارهای A۲ و A۳ را رسم کنید (لازم نیست بگویید کدام ساختار متعلق به کدام ترکیب است).

A۴ و A۵ بر اثر دوتریوم‌دار شدن، تک محصول یکسان Y را به دست می‌دهند.

(j) i. ساختار Y را رسم کنید.

ii. ساختارهای A۴ و A۵ را رسم کنید (لازم نیست بگویید کدام ساختار متعلق به کدام ترکیب است).

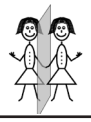
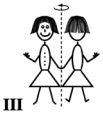
A۶ بر اثر دوتریوم‌دار شدن، تک محصول Z را به دست می‌دهد.

(k) ساختارهای A۶ و Z را رسم کنید.

ترکیب A۷ نیز بر اثر دوتریوم‌دار شدن، یک زوج انانتیومری تشکیل می‌دهد، ولی این زوج با X۱ و X۲ متفاوت است.

(l) ساختار A۷ را رسم کنید.

دسته‌بندی مولکول‌ها بر اساس نوع تقارنی که دارند، می‌تواند مفید باشد. مولکول‌ها ممکن است یک صفحهٔ تقارن داشته و یا نداشته باشند و ممکن است تقارن چرخشی داشته یا نداشته باشند. یک دو قلوی یکسان را می‌توان به شیوه‌های مختلفی در کنار یکدیگر قرار دارد، به طوری‌که مطابق شکل نشان داده شده در زیر، تقارن‌های مختلفی نشان دهد.

	بدون صفحه تقارن	با صفحه تقارن
بدون تقارن چرخشی	I	 II
با تقارن چرخشی	 III	IV

آرایش I هیچ تقارنی ندارد.

آرایش II یک صفحهٔ تقارن دارد، ولی تقارن چرخشی ندارد.

آرایش III تقارن چرخشی دارد، ولی هیچ صفحهٔ تقارنی ندارد.

آرایش IV تقارن چرخشی و صفحهٔ تقارن دارد.

هنگامی‌که دو اتم هیدروژن در ترکیب B توسط دوتریوم جایگزین شوند، تعدادی ایزومر با فرمول $C_3H_4D_2$ می‌توانند تولید شوند.

(m) همهٔ این ایزومرها را در مکان مناسب خود، روی جدول تقارن موجود در پاسخنامه رسم کنید.

۲ این سؤال دربارهٔ «پروژهٔ آووگادرو» است.

در ژانویهٔ ۲۰۱۱، نتایج پروژهٔ آووگادرو- دقیق‌ترین تعیین ثابت آووگادرو که تاکنون انجام شده است- منتشر شد.

این پروژهٔ بین‌المللی، شامل شمارش تعداد اتم‌ها در یک تک بلور کاملاً کروی سیلسیمِ از نظر ایزوتوپی غنی شده بود.

منبع سیلیسیم، ترکیب Na_2SiF_6 بود. این ترکیب دارای یک یون با بار منفی است و همهٔ فلوئورها در محیط یکسانی هستند.

a i. حالت اکسایش سیلیسیم در Na_2SiF_6 چیست؟

ii. انتظار دارید که آنیون موجود در Na_2SiF_6 چه شکلی داشته باشد؟

b Na_2SiF_6 بر اثر حرارت دادن تا بالای $300\ ^\circ C$، تجزیه می‌شود و جامد بلوری سفید رنگ W و یک گاز بی‌رنگ، X، را تشکیل می‌دهد که دارای سیلیسیم است.

i. فرمول W را بنویسید.

ii. فرمول گاز بی‌رنگ X را بنویسید. چه شکلی را برای آن انتظار دارید؟

iii. معادلهٔ تشکیل W و X از Na_2SiF_6 را بنویسید.

گاز X از داخل یک سری سانتریفیوژ گازی عبور کرد تا از ایزوتوپ سیلیسیم- ۲۸ غنی شود. پس از غنی‌سازی، در دمای $180\ ^\circ C$ با کلسیم هیدرید واکنش داد. این کار منجر به تشکیل یک جامد بلوری جدید Y و یک گاز بی‌رنگ دیگر حاوی سیلیسیم، Z، شد. هوا باید به شدت حذف شود؛ زیرا گاز Z با قرار گرفتن در معرض هوا، به طور خودبه‌خودی مشتعل می‌شود.

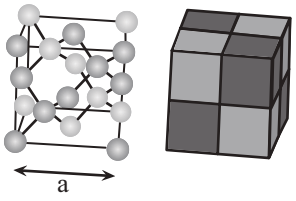
c i. فرمول Y و Z و معادله‌ای برای تشکیل آن‌ها از کلسیم هیدرید و X را بنویسید.

ii. معادلهٔ سوختن گاز Z در هوا را بنویسید.

d گاز Z که دارای سیلسیوم- ۲۸ غنی شده است، بر اثر تجزیهٔ گرمایی در دماهای حدود $800\ ^\circ C$ به سیلیسیم جامد تبدیل می‌شود. محصول جانبی این واکنش، گاز بی‌رنگ دیگری است که در هوا قابل اشتعال است (ولی به طور خودبه‌خودی قابل اشتعال نیست).

معادلهٔ تجزیهٔ گرمایی Z را بنویسید.

از تودهٔ سیلیسیمِ از نظر ایزوتوپی غنی شده، یک تک بلور سیلیسیم- ۲۸ رشد کرد. ساختار سمت چپ، الگوی تکرار شونده یا سلول واحد سیلیسیم را نشان می‌دهد. از کنار هم قرار گرفتن این مکعب‌ها، ساختار جامد ظاهر می‌شود. اتم‌هایی که به طور مستقیم به هم وصل شده‌اند، با پیوند به هم اتصال یافته‌اند (خطوط تیره‌تر). در سلول واحد، مرکز اتم‌های سیلیسیم در هر یک از گوشه‌های مکعب و در مرکز هر وجه قرار گرفته‌اند.



اگر سلول واحد را مطابق شکل سمت راست به هشت مکعب کوچک‌تر تقسیم کنیم، یک اتم سیلیسیم نیز درست در وسط هر مکعب دیگر (مکعب‌های سایه‌دار تیره‌تر) وجود دارد.

طول مکعب، $a\ pm$ $(1pm = 1\times10^{-12}m)$ است. تعداد کل اتم‌های سیلیسیم موجود در داخل مکعب با n نشان داده می‌شود. تک کریستال به صورت یک کرهٔ کامل با حجم $V\,cm^3$ و جرم $m\ g$ درآمد. جرم اتمی نسبی سیلیسیم برابر A_r است.

e i. با شمارش اجزای سازنده، مقدار n، تعداد اتم‌های سیلیسیم در سلول واحد را محاسبه کنید.

ii. عبارتی برای تعداد اتم‌های موجود در کره، بر حسب a، n و V به دست آورید. مراقب واحدها باشید.

iii. عبارتی برای ثابت آووگادرو بر حسب a، n، V، A_r و m ارائه کنید.

f با در نظر گرفتن اتم‌های داخل یکی از مکعب‌های کوچک‌تر و یا حالتی دیگر، عبارتی برای طول پیوند $Si-Si$ بر حسب فاصلهٔ a به دست آورید.

در آزمایش، سیلیسیم به طور ایزوتوپی از سیلیسیم- ۲۸ غنی شد. آنالیز نمونه نشان داد که کسر [مولی] ^{۲۹}Si برابر $۴۱٫۲ \times ۱۰^{-۶}$ و کسر [مولی] ^{۳۰}Si برابر $۱٫۳ \times ۱۰^{-۶}$ بوده است. [کسر مولی] باقیمانده، سیلیسیم- ۲۸ فرض شد.

(g) با مفروض گرفتن جرم‌های دقیق‌تر زیر، جرم اتمی نسبی، A_r، را برای نمونهٔ سیلیسیم محاسبه کنید.

ایزوتوپ	^{۲۸}Si	^{۲۹}Si	^{۳۰}Si
جرم ایزوتوپی نسبی	۲۷٫۹۷۶۹۲۶۵۳	۲۸٫۹۷۶۴۹۴۷۰	۲۹٫۹۷۳۷۷۰ ۱۷

(h) حجم کرهٔ استفاده شده در آزمایش، V، برابر $۴۳۱٫۰۵۹۰۶۰\ cm^۳$ و جرم آن، m، برابر ۱۰۰٫۰ ۸۷۵۵۹ g بود. طول سلول واحد، a، همان‌طور که از ساختار بلوری تعیین شده، برابر ۵۴۳٫۰ ۹۹۶۲۳۴ pm بود. از این مقادیر، به همراه مقادیر خود برای n و A_r، برای محاسبهٔ عدد آووگادرو تا نه رقم با معنی استفاده کنید.

بخش پاسخ

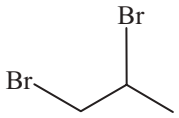
سؤال ۱

a)

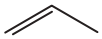
دستهٔ ترکیب	نام ایزومر
✓ سیکلوآلکان	✓ سیکلوپروپان

دستهٔ ترکیب	نام ایزومر
✓ آلکن	✓ پروپن

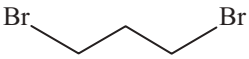
b) ساختار F



ساختار A



c) ساختار G



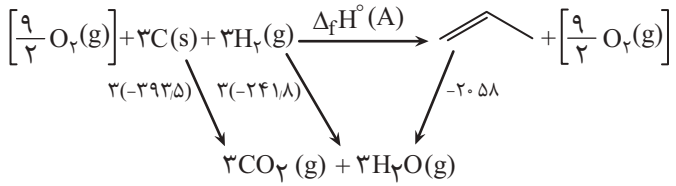
ساختار B

d) i. معادلهٔ واکنش:

$$C_3H_6(g) + \frac{9}{2}O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 3H_2O(g)$$

[ممکن است مقادیر دو برابر شده باشند]

ii. آنتالپی استاندارد تشکیل A:



$$\Delta_f H^\circ \quad (A) = 2058 - 3(393/5) - 3(241/8) = +152/1 \text{ kJ mol}^{-1}$$

[اگر مقدار درست ولی علامت نادرست باشد؛ یک نمره. همچنین اگر معادله دو برابر شود و مقدار نیز دو برابر شود؛ یک نمره.]

iii. آنتالپی استاندارد تشکیل B:

$$\Delta_f H^\circ(B) = 2091 - 3(393/5) - 3(241/8) = +185/1 \text{ kJ mol}^{-1}$$

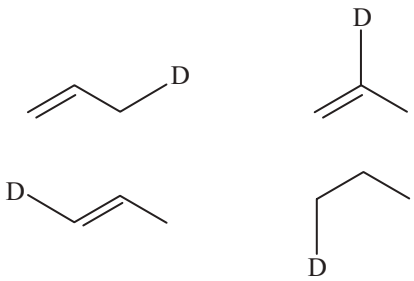
[اگر مقدار درست ولی علامت نادرست باشد؛ یک نمره. همچنین اگر معادله در دو ضرب شود و مقدار دو برابر شود؛ یک نمره.]

e) تغییر آنتالپی استاندارد برای واکنش $B \rightarrow A$:

$$\Delta_{\text{واکنش}} H^\circ = 152/1 - 185/1 = -33 \text{ kJ mol}^{-1}$$

[یا $\Delta_{\text{واکنش}} H^\circ = -2081 - (-2058) = -33 \text{ kJ mol}^{-1}$]

f) i. ساختار(های) A با یک D

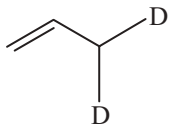


[۱ + نمره، به ازای هر ساختار صحیح. ۱- نمره، برای هر تکرار اضافی]

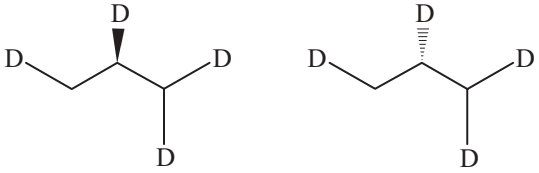
ii. ساختار(های) B با یک D

[۱ + نمره، برای ساختار درست. ۰ نمره؛ اگر بیشتر از یک ساختار رسم شود]

(g) ساختار A۱

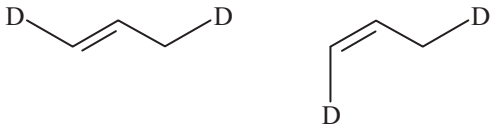


(h) ساختارهای X۱ و X۲:



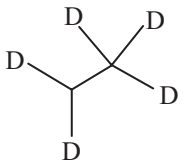
[پاسخ‌ها می‌توانند در هر دو طرف باشند]

(i) ساختارهای A۲ و A۳:

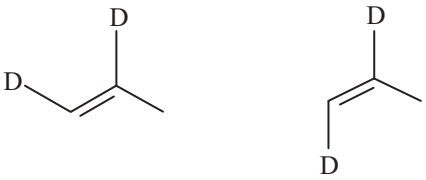


[پاسخ‌ها می‌توانند در هر دو طرف باشند]

i. ساختار Y

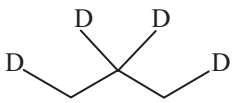


ii. ساختارهای A۴ و A۵:

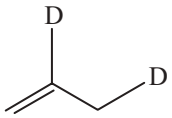


[پاسخ‌ها می‌توانند در هر دو طرف باشند]

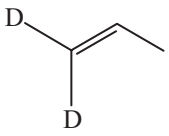
(k) ساختار Z



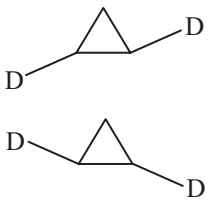
ساختار A۶



(l) ساختار A۷:



(m)

	بدون صفحهٔ تقارن	دارای صفحهٔ تقارن
بدون تقارن چرخشی	ساختار(ها)	ساختار(ها)
دارای تقارن چرخشی	ساختار(ها)  (انانیتومرها)	ساختار(ها)

۲ نمره؛ برای هر پاسخ صحیح در مکان درست

۱ نمره؛ برای یک ساختار صحیح اما در مکان غلط (تا ۴ نمره)

۱- نمره؛ برای هر ساختار تکراری (حداقل نمرهٔ داده شده، صفر باشد)