



## دفترچه سؤالات به همراه پاسخ تستی مرحله دوم بیست و سومین دوره المپیاد شیمی سال ۱۳۹۱

مدت آزمون (دقیقه)	تعداد سؤالات	
	مسأله‌های تشریحی	سؤالات چند گزینه‌ای
۱۵۰	۶	۴۵

استفاده از ماشین حساب آزاد است.

توضیحات مهم

### تذکرات آزمون:

- ضمن آرزوی موفقیت برای شما دانش‌پژوه گرامی، خواهشمند است قبل از پاسخ به سؤالات آزمون به موارد زیر توجه کنید:
- این آزمون شامل ۴۵ پرسش چهارگزینه‌ای و ۶ مسأله تشریحی و وقت آن ۱۵۰ دقیقه است.
- پاسخ درست به هر سؤال ۳ نمره مثبت و پاسخ غلط یک نمره منفی دارد.
- در هر سؤال از میان گزینه‌های داده شده دقیقاً یک گزینه پاسخ صحیح است.
- استفاده از ماشین حساب در این آزمون مجاز است.
- استفاده از جدول تناوبی عناصر در این آزمون مجاز نیست.
- همراه داشتن تلفن همراه (حتی خاموش) در طول زمان آزمون مجاز نیست.
- فقط داوطلبانی می‌توانند دفترچه‌ی سؤالات را با خود ببرند که تا پایان آزمون در جلسه حضور داشته باشند.
- پاسخنامه‌ی تستی این آزمون توسط **کمیته علمی ماخ** تهیه شده است.

۱- ماه در گونه‌های زیر:



اتم مرکزی ..... گونه زوج‌های ناپیوندی ندارند و در ..... گونه زاویه‌ی پیوند ۱۲۰ درجه وجود دارد.

الف) ۲، ۲

ب) ۲، ۳

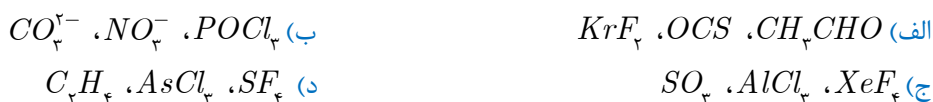
ج) ۱، ۲

د) ۱، ۳

۲- ماه فرمول شیمیایی کلرید عنصر X از تناوب دوم است که دارای ساختار هرمی است. در کدام گزینه فرمول همه‌ی ترکیب‌های شیمیایی نسبت داده شده به X درست است؟



۳- ماه در کدام گزینه همه ترکیبات ساختار مسطح دارند؟



۴- ماه عدد اکسایش Co در  $[Co(H_2NCH_2CH_2NH_2)_3]^{3+}$  با عدد اکسایش عنصر مشخص شده در کدام گزینه یکسان است؟



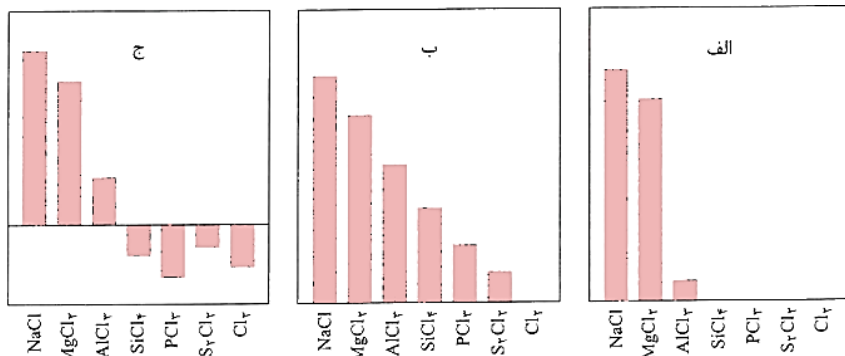
۵- ماه کدام عبارت نادرست است؟

- الف) گرچه الماس و گرافیت آلوتروپ‌های یکدیگرند ولی الماس برخلاف گرافیت جریان برق را از خود عبور نمی‌دهد.  
 ب) نقطه‌ی ذوب سیلیس ( $SiO_2$ ) از کربن‌دی‌اکسید ( $CO_2$ ) بیشتر است، زیرا  $SiO_2$  از  $CO_2$  سنگین‌تر است.  
 ج) نقطه‌ی ذوب سیلیسیم از الماس کمتر است، زیرا طول پیوند سیلیسیم - سیلیسیم از کربن - کربن بیشتر است.  
 د) کربن‌ها در گرافیت زاویه‌ی پیوند ۱۲۰ درجه دارند و از اتصال آن‌ها به یکدیگر، صفحات مشبک به‌وجود می‌آید.

۶- ماه در کدام دو گونه، طول پیوندها از مجموع شعاع‌های کووالانسی دو اتم شرکت‌کننده در پیوند کمتر است؟ (قاعده‌ی اکت را در نظر بگیرید.)



۷- ماه کلریدهای عناصر تناوب سوم را در نظر بگیرید. کدام نمودارها به‌ترتیب دمای ذوب، رسانایی الکتریکی در حالت مذاب و اختلاف الکترونگاتیوی عناصر سازنده را درست نشان می‌دهد؟



۸- مدل لونیس آنیون در پتاسیم سوپراکسید ( $KO_2$ ) کدام است؟ (گزینه ها نوشته شوند)



۹- گونه‌های  $QCl_4^+$ ،  $ZF_4$ ،  $YO_4^{2-}$ ،  $XO_4^{2-}$  به ترتیب شکل‌های هرمی، مسطح، خطی و چهاروجهی دارند. کدام گزینه شماره‌ی گروه اتم‌های مرکزی گونه‌های یاد شده را درست نشان می‌دهد؟

الف) ۱۶، ۱۲، ۱۷، ۱۶      ب) ۱۴، ۱۴، ۱۲، ۱۵      ج) ۱۵، ۱۸، ۱۴، ۱۶      د) ۱۶، ۱۸، ۱۴، ۱۶

۱۰- از گرما دادن فلز آلومینیوم با یکی از عنصرهای گروه ۱۶ جدول تناوبی یک ترکیب یونی تشکیل می‌شود که حاوی ۱۸/۵۶٪ آلومینیوم است. این عنصر کدام است؟ ( $Al = 27$ )

الف)  $^{128}Te$       ب)  $^{32}S$       ج)  $^{16}O$       د)  $^{78}Se$

۱۱- زاویه‌ی پیوند در یون  $BF_4^-$  به کدام عدد نزدیک‌تر است؟

الف)  $90^\circ$       ب)  $120^\circ$       ج)  $104^\circ$       د)  $180^\circ$

۱۲- در یک اتم چند الکترون می‌توانند اعداد کوانتومی  $l = 0$ ،  $m_l = 0$  و  $n = 3$  داشته باشند؟

الف) ۲      ب) ۵      ج) ۴      د) ۳

۱۳- یک گرم منیزیم نیتريد با مقدار اضافی آب واکنش داده و آمونیاک تولید می‌شود. چند گرم گاز هیدروژن کلريد برای خنثی کردن مخلوط واکنش لازم است؟ ( $Mg = 24$ ،  $N = 14$ ،  $O = 16$ ،  $Cl = 35.5$ )

الف)  $0.73$       ب)  $1/46$       ج)  $2/19$       د)  $2/92$

۱۴- اگر تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها در اتم عنصر  $A$  برابر  $10$  باشد، عدد اتمی عنصر  $A$  و تعداد الکترون‌های لایه‌ی ظرفیت آن کدام است؟

الف) ۳۲ و ۲      ب) ۳۲ و ۴      ج) ۶۴ و ۳      د) ۶۴ و ۴

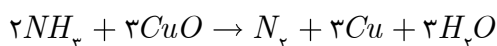
۱۵- عدد اکسایش فسفر در کدام ترکیب کمترین است؟

الف)  $NaH_2PO_3$       ب)  $PSCl_3$       ج)  $NaH_2PO_4$       د)  $PCl_3F$

۱۶-  $2/14$  گرم از یک نمونه مس (II) سولفات متبلور با میزان آب متبلور مجهول را حرارت می‌دهیم تا کاملاً خشک شود. اگر وزن نمونه‌ی خشک حاصل  $1/6$  گرم باشد تعداد آب تبلور نمونه‌ی مس سولفات را محاسبه کنید. ( $Cu = 64$ ،  $S = 32$ ،  $O = 16$ )

الف) ۲      ب) ۳      ج) ۴      د) ۵

۱۷- یکی از راه‌های تهیه‌ی  $N_2$  واکنش زیر است:



اگر  $18/1$  گرم  $NH_3$  با  $90/4$  گرم  $CuO$  واکنش دهد، چند گرم  $N_2$  تولید می‌شود؟

(بازده واکنش ۶۲/۵٪ است.) ( $N_2 = 28$ ،  $CuO = 79.5$ ،  $NH_3 = 17.03$ )

الف)  $6/63$       ب)  $10/60$       ج)  $16/97$       د)  $9/30$

۱۸- به ۱۰۰ گرم محلول ۲ مولال  $KNO_3$  در آب، ۲۵ گرم آب خالص می‌افزاییم. مولالیت‌های محلول حاصل چقدر است؟  
( $K = ۳۹$ ،  $N = ۱۴$ ،  $O = ۱۶$ )

- الف) ۱/۶۰۰ (ب) ۰/۷۸۴ (ج) ۱/۵۳۸ (د) ۰/۸۰۰

۱۹- اگر نقطه‌ی شروع انجماد برای محلول ۰/۱ مولال  $NaCl$  در آب  $۳۴۶^\circ C$  / - و برای محلول ۰/۱ مولال شکر در آب  $۱۸۵^\circ C$  / - باشد، چند درصد از یون‌های  $Na^+$  و  $Cl^-$  در محلول فوق به‌صورت جفت یون هستند؟

- الف) ۱۳ (ب) ۶/۵ (ج) ۲۶ (د) صفر

۲۰- برای تهیه‌ی ۱ کیلوگرم محلول  $NaNO_3$  در آب با غلظت  $۱۰۰ ppm$ ، چند میلی‌لیتر از محلول ۰/۱۰ مولار آن را باید با آب خالص مخلوط کرد؟  
( $O = ۱۶$ ،  $N = ۱۴$ ،  $Na = ۲۳$ )

- الف) ۱۳/۸ (ب) ۱۰/۰ (ج) ۸/۵ (د) ۱۱/۸

۲۱- اگر دما، حجم و تعداد مول گاز را به‌ترتیب با  $T$ ،  $P$ ،  $V$  و  $n$  نمایش دهیم، نسبت  $PV/nT$  برای گازهای ایده‌آل یک عدد ثابت است که ثابت گازها نامیده می‌شود. با فرض ایده‌آل بودن گازهای زیر، کدام یک حجم بیشتری دارد؟

( $Ar = ۴۰$ ،  $C = ۱۲$ ،  $H = ۱$ ،  $O = ۱۶$ )

- الف) ۱۰ گرم  $CH_4$  در فشار ۱/۰ اتمسفر و دمای  $۲۹^\circ$  کلوین  
ب) ۱۸ گرم  $O_2$  در فشار ۰/۸ اتمسفر و دمای  $۳۰^\circ$  کلوین  
ج) ۱۰ گرم  $Ar$  در فشار ۰/۴ اتمسفر و دمای  $۳۲^\circ$  کلوین  
د) ۱۸ گرم  $H_2$  در فشار ۰/۹ اتمسفر و دمای  $۳۱^\circ$  کلوین

۲۲- انحلال‌پذیری گاز  $O_2$  در آب در فشار یک اتمسفر و دمای  $۲۵^\circ C$  برابر با  $۰/۰۰۳۹$  گرم در  $۱۰۰$  گرم آب است. در سطح دریای آزاد، فشار هوا یک اتمسفر است که ۲۱ درصد آن را گاز  $O_2$  تشکیل می‌دهد. بر این اساس، غلظت  $O_2$  در آب در سطح دریا و در دمای  $۲۵^\circ C$  تقریباً چند میلی‌مول بر لیتر است؟ ( $O = ۱۶$ )

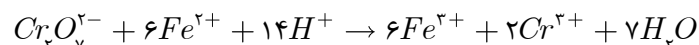
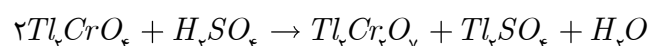
- الف) ۸/۱۹ (ب) ۱/۲۲ (ج) ۰/۲۵۶ (د) ۰/۵۱۲

۲۳- از حل کردن ۰/۱۰۰۰ مول  $NaCl$  در ۱۰۰۰ گرم آب در دمای  $۲۵^\circ C$  محلولی حاصل می‌شود که در آن مولالیت‌های  $NaCl$  برابر با ۰/۱۰۰۰ و مولالیت‌های آن ۰/۰۹۹۵۳ است. اگر این محلول به آزمایشگاهی دیگر که دمای آن  $۱۵^\circ C$  است منتقل شود، کدام گزینه در مورد  $NaCl$  تغییر می‌کند؟

- الف) مولالیت (ب) مولالیت (ج) غلظت برحسب ppm (د) هیچ‌کدام

۲۴- ۲۵ میلی‌لیتر محلول حاوی یون  $Tl^+$ ، تالیم (I)، با  $K_2CrO_4$  واکنش داده و  $Tl_2CrO_4$  تولید شده را پس از صاف کردن و شستشو در  $H_2SO_4$  رقیق حل می‌کنند. بر اثر واکنش با  $H_2SO_4$ ،  $CrO_4^{2-}$  به  $Cr_2O_7^{2-}$  تبدیل می‌شود. حاصل با  $۴۰/۶۰$  میلی‌لیتر محلول  $Fe^{2+}$  به غلظت ۰/۱۰۰۴ مولار به‌طور کامل واکنش می‌دهد. وزن  $Tl$  موجود در نمونه چند گرم است؟

( $Tl = ۲۰۴ / ۳۷$ )



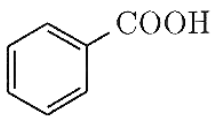
- الف) ۰/۴۱۶۵ (ب) ۰/۲۷۷۶ (ج) ۰/۱۳۸۸ (د) ۰/۵۵۵۴

۲۵- ماچ در دمای ثابت ۲۵ درجه‌ی سیلیوس، کدام خاصیت گازهای  $CH_4$  و  $He$  یکسان است؟

- الف) میانگین حاصل ضرب جرم در سرعت مولکول‌ها
- ب) میانگین سرعت حرکت مولکول‌ها
- ج) میانگین انرژی جنبشی مولکول‌ها
- د) چگالی گاز در فشار یکسان

۲۶- ماچ یک نمونه‌ی ۰/۵۲۳۹ گرمی از بنزویک اسید در ۵۰٪ میلی‌لیتر از یک محلول  $KOH$  حل شد. چنانچه  $KOH$  اضافی به ۲/۳۴ میلی‌لیتر از محلول  $HCl$  ۰/۱۰۲ مولار برای واکنش کامل نیاز داشته باشد، غلظت مولار  $KOH$  برابر است با:

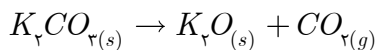
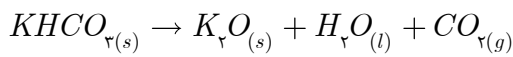
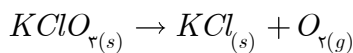
(بنزویک اسید =  $122 / 122 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )



benzoic acid

- الف) ۰/۰۶۱
- ب) ۰/۰۴۶
- ج) ۰/۱۲۳
- د) ۰/۰۹۰

۲۷- ماچ هنگامی که مخلوطی شامل  $KClO_3$ ،  $K_2CO_3$ ،  $KHCO_3$  و  $KCl$  حرارت داده می‌شود، گازهای  $O_2$ ،  $CO_2$  و  $H_2O$  طبق واکنش‌های زیر تولید می‌شوند. واکنش‌ها ممکن است موازنه شده نباشند.



اگر ۱۰۰٪ گرم از مخلوط فوق، ۱/۸۰ گرم  $H_2O$ ، ۱۳/۲۰ گرم  $CO_2$  و ۴/۰۰ گرم  $O_2$  تولید کند با فرض کامل بودن واکنش‌ها، مقادیر  $KCl$ ،  $KHCO_3$ ،  $K_2CO_3$  و  $KClO_3$  به ترتیب بر حسب گرم برابر است با:

( $K_2CO_3 = 138 / 2$ ،  $KCl = 74 / 5$ ،  $KHCO_3 = 100 / 1$ ،  $KClO_3 = 122 / 5$ ،  $H = 1$ ،  $O = 16$ ،  $C = 12$ )

- الف) ۰/۰۲، ۰/۰۲، ۰/۱۳/۸، ۰/۵۶/۰
- ب) ۰/۰۲، ۰/۱۳/۸، ۰/۲۰/۰، ۰/۵۶/۰
- ج) ۰/۰۲، ۰/۲۰/۰، ۰/۱۳/۸، ۰/۴۶/۲
- د) ۰/۰۲، ۰/۱۰/۰، ۰/۲۷/۶، ۰/۵۲/۲

۲۸- ماچ ماری کوری ۰/۰۹۱۹۲ گرم از  $RaCl_2$  را با مقدار اضافی از محلول  $AgNO_3$  واکنش داد تا ۰/۰۸۸۹۰ گرم  $AgCl$  تولید کند. در زمان حیات او جرم‌های اتمی  $Cl$  و  $Ag$  به ترتیب ۱۰۷/۸ و ۳۵/۴ گزارش شده بود. جرم اتمی محاسبه شده توسط او برای  $RaCl_2$  عبارت بود از:

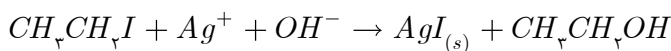
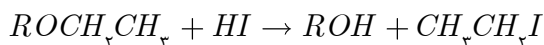
- الف) ۲۹۶/۱
- ب) ۲۲۵/۳
- ج) ۲۲۶/۰
- د) ۲۲۲/۰

۲۹- ماچ چند گرم از نمک خالص  $Li_2SO_4$  باید با ۱/۰۰ گرم  $K_2SO_4$  خالص مخلوط شود تا درصد وزنی سولفات حاصل، برابر با درصد وزنی سولفات در  $Na_2SO_4$  خالص باشد؟

( $O = 16$ ،  $S = 32$ ،  $Na_2SO_4 = 142 / 04$ ،  $K_2SO_4 = 174 / 26$ ،  $Li_2SO_4 = 109 / 94$ )

- الف) ۰/۳۹۹۷
- ب) ۰/۳۲۶۱
- ج) ۰/۷۹۹۴
- د) ۰/۶۳۳۳

۳۰- به واکنش‌های زیر توجه کنید:



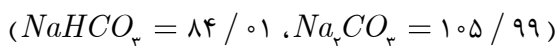
وقتی یک نمونه‌ی ۲۵/۴۲ گرمی از یک ترکیب آلی به جرم مولکولی  $417 / g.mol^{-1}$  که دارای گروه‌های اتوکسی ( $-OCH_2CH_2$ ) است در شرایط فوق قرار می‌گیرد، ۲۹/۰۳ گرم  $AgI$  تولید می‌کند. تعداد گروه‌های اتوکسی در این ترکیب کدام است؟ ( $AgI = 234 / 772$ )

الف) ۱ (ب) ۳ (ج) ۲ (د) ۴

۳۱- چند گرم محلول  $HF$  با درصد وزنی ۴۹۱٪ مورد نیاز است تا ۲۵/۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۲۳۶ مولار  $ThF_{(s)}$  را به صورت  $ThF_{(s)}$  رسوب دهیم؟ برای اطمینان از کامل شدن واکنش از محلول  $HF$  به مقدار ۵٪ اضافی استفاده می‌شود. ( $HF = 20 / 01$ )

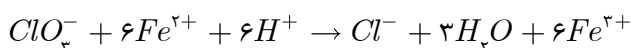
الف) ۲۴/۰ (ب) ۱۴/۴ (ج) ۱۹/۲ (د) ۹/۶

۳۲- مخلوط جامدی به وزن ۱/۳۷۲ گرم که فقط شامل سدیم کربنات و سدیم بی‌کربنات است با ۲۹/۱۱ میلی‌لیتر محلول  $HCl$  به غلظت ۰/۷۳۴۴ مولار به‌طور کامل واکنش می‌دهد. جرم سدیم کربنات در مخلوط فوق چند گرم است؟

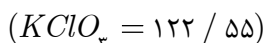


الف) ۰/۷۲۴ (ب) ۰/۶۴۸ (ج) ۰/۳۲۴ (د) ۰/۳۶۲

۳۳- برای اندازه‌گیری  $KClO_3$  موجود در ۰/۱۳۴۲ گرم از یک نمونه‌ی قابل انفجار، ۵۰٪ میلی‌لیتر  $Fe^{2+}$  به غلظت ۰/۰۹۶۰۱ مولار به نمونه‌ی فوق اضافه شد:

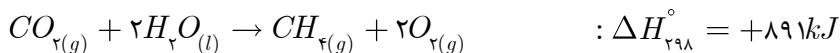


پس از گذشت چند دقیقه  $Fe^{2+}$  به‌طور کامل با ۱۲/۹۹ میلی‌لیتر محلول  $Ce^{4+}$  به غلظت ۰/۰۸۳۶۲ مولار واکنش داده می‌شود. در این واکنش  $Fe^{2+}$  به  $Fe^{3+}$  و  $Ce^{4+}$  به  $Ce^{3+}$  تبدیل می‌شود. درصد وزنی  $KClO_3$  در نمونه‌ی فوق کدام است؟



الف) ۲۸/۳۰ (ب) ۵۶/۵۳ (ج) ۴۸/۲۰ (د) ۶۳/۴۱

۳۴- یکی از واکنش‌های فتوسنتز ممکن است به‌صورت زیر باشد:



هرگاه ۰/۱۶ گرم  $CH_4$  از این راه تشکیل شود، گرمای جذب شده برحسب ژول کدام است؟



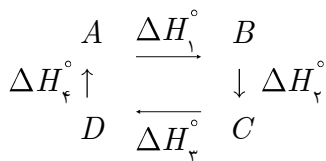
الف) ۸۹۱ (ب) ۸۹/۱ (ج) ۸۹۱۰ (د) ۸/۹۱

۳۵- برای آنکه دمای مقدار مشخصی اتیلن گلیکول در فشار ثابت از  $25^\circ C$  به  $35^\circ C$  افزایش یابد ۲۳۹۰ ژول گرما لازم است. جرم اتیلن گلیکول به‌کار رفته برحسب گرم کدام است؟

(ظرفیت گرمایی ویژه اتیلن گلیکول در فشار ثابت معادل  $39 J.g^{-1}.^\circ C^{-1}$  است.)

الف) ۱۰۰ (ب) ۲۳/۹ (ج) ۲۳۹ (د) ۴۱۸

۳۶- کدام گزینه به‌طور مطمئن در مورد چرخه‌ای به شرح مقابل در دمای ثابت درست است؟

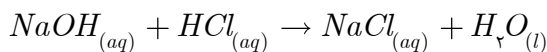


(الف)  $\Delta H_1^\circ + \Delta H_2^\circ = \Delta H_r^\circ + \Delta H_f^\circ$  (ب)  $\Delta H_1^\circ = \Delta H_r^\circ; \Delta H_2^\circ = \Delta H_f^\circ$   
 (ج)  $\Delta H_1^\circ - \Delta H_2^\circ = \Delta H_r^\circ - \Delta H_f^\circ$  (د)  $\Delta H_1^\circ + \Delta H_2^\circ = -(\Delta H_r^\circ + \Delta H_f^\circ)$

۳۷- ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۱۰۰ مولار سدیم هیدروکسید و ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۱۰۰ مولار هیدروکلریک اسید که هم‌دما هستند در یک گرماسنج آدیباتیک (بدون مبادله‌ی گرما) در فشار ثابت روی هم می‌ریزیم. افزایش دمایی به اندازه‌ی  $64^\circ C$  / مشاهده می‌شود.

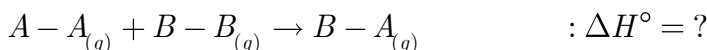
$\Delta H^\circ$  واکنش خنثی‌شدن زیر برحسب  $kJ.mol^{-1}$  کدام است؟

(ظرفیت گرمایی گرماسنج و محلول داخل آن در مجموع برابر با  $90^\circ C^{-1}.J.$  می‌باشد.)



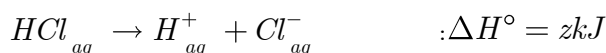
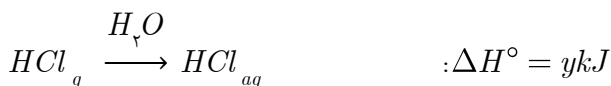
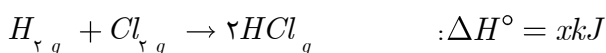
(الف)  $-0.576$  (ب)  $-5.76$  (ج)  $-57.6$  (د)  $-576$

۳۸- هرگاه آنتالپی استاندارد پیوند  $A - A_{(g)}$  به میزان  $1 kJ.mol^{-1}$  از آنتالپی استاندارد پیوند  $B - B_{(g)}$  به میزان  $3 kJ.mol^{-1}$  از آنتالپی استاندارد پیوند  $B - A_{(g)}$  کوچک‌تر باشد؛ آنگاه  $\Delta H^\circ$  واکنش زیر برحسب کیلوژول بر مول کدام است؟



(الف)  $+20$  (ب)  $+50$  (ج)  $-20$  (د)  $-50$

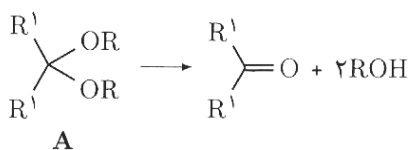
۳۹- واکنش‌های زیر و  $\Delta H^\circ$  آن‌ها را در دمای ثابت در نظر بگیرید:



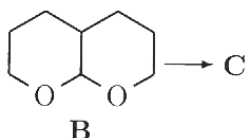
$\Delta H_f^\circ$  یون  $Cl^-_{(aq)}$  برحسب  $x, y$  و  $z$  با فرض  $\Delta H_f^\circ(H^+_{(aq)}) = 0$  کدام است؟

(الف)  $0 / \Delta x + y - z$  (ب)  $0 / \Delta(x + y + z)$  (ج)  $x + y + z$  (د)  $0 / \Delta x + y + z$

۴۰- استال‌ها (A) در محیط اسیدی پایدار نمی‌باشند و به‌صورت زیر دچار واکنش می‌شوند:



ترکیب B در واکنشی مشابه واکنش فوق ترکیب C را می‌دهد. ترکیب C .....



(الف) آلدهیدی است که در ساختار آن گروه عاملی الکی وجود ندارد.

(ب) آلدهیدی است که در ساختار آن گروه عاملی الکی وجود دارد.

(ج) کتونی است که در ساختار آن گروه عاملی الکی وجود دارد.

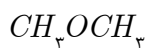
(د) کتونی است که در ساختار آن گروه عاملی الکی وجود ندارد.



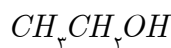
۴۱- نقطه‌ی جوش ترکیبات زیر را مقایسه کنید.



a



b



c



d

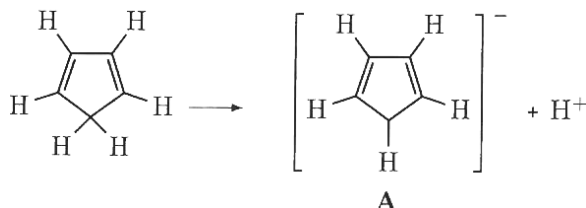
(ب)  $c > d > a > b$

(الف)  $c > d > b > a$

(د)  $d > c > b > a$

(ج)  $d > c > a > b$

۴۲- به واکنش زیر توجه کنید:



برای گونه‌ی A،  $[C_5H_5]^-$ ، چند فرم رزونانسی می‌توان رسم کرد که شامل دو پیوند دوگانه باشد؟

(د) ۲

(ج) ۵

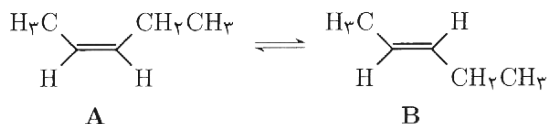
(ب) ۴

(الف) ۳

۴۳- دو آلکن با نام کلی ۲-پنتن وجود دارند (A و B) که به نوعی ایزومر هم محسوب می‌شوند. این دو آلکن در دمای اتاق پایدارند ولی در دمای بالاتر از  $180^\circ$  درجه‌ی سلسیوس به هم تبدیل می‌شوند:



۱- کلرو-۲ و ۴- هپتادیان



چند ترکیب با نام کلی ۱-کلرو-۲،۴- هپتادیان وجود دارند که مشابه A و B ایزومر هم باشند؟

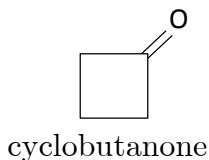
(د) ۲

(ج) ۳

(ب) ۴

(الف) ۵

۴۴- برای سیکلوبوتان چند ایزومر ساختاری می‌توان رسم کرد که دارای گروه عاملی آلدهیدی باشند؟ (شکل)



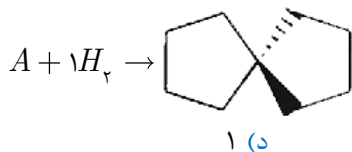
(ب) ۵

(الف) ۳

(د) ۲

(ج) ۴

۴۵- ترکیب A با یک مول گاز هیدروژن به هیدروکربن سیرشده‌ی زیر تبدیل می‌شود. چند ساختار برای A می‌توان در نظر گرفت؟



(د) ۱

(ج) ۳

(ب) ۴

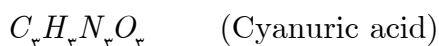
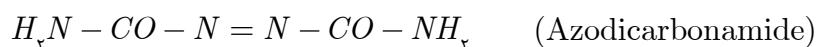
(الف) ۲



## پرسش‌های تشریحی

۱- قسمت اول:

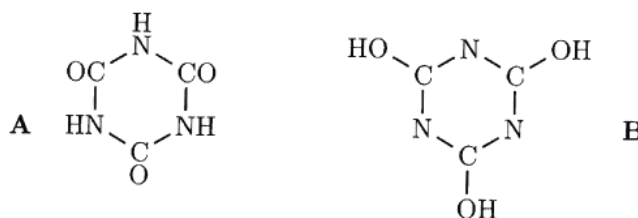
به مولکول‌های زیر توجه کنید:



الف) با نشان دادن تمام جفت‌های تنها و رعایت قاعده‌ی اکتت، ساختار لوئیس آزو دی‌کربن آمید را نشان دهید. (هر گونه اشتباهی در نمایش ساختار لوئیس موجب حذف کامل نمره می‌شود).

ب) زاویه‌های پیوند  $NCN$  و  $NNC$  و  $HNC$  را در مولکول آزو دی‌کربن آمید به ترتیب کاهش (با استفاده از علامت بزرگ‌تر-کوچک‌تر) مرتب کنید.

پ) با افزایش آزو دی‌کربن آمید به پلاستیک مذاب، این ماده به نیتروژن، کربن مونوکسید و گاز آمونیاک تجزیه می‌شود. معادله‌ی شیمیایی واکنش انجام شده را بنویسید و موازنه کنید.



ت) برای سیانوریک اسید می‌توان دو ساختار زیر (A و B) را رسم کرد. در ساختار B پیوندهای دوگانه را کامل کنید.

ث) با استفاده از انرژی پیوندهای داده شده مشخص کنید کدام ساختار (A و B) پایدارتر است.

پیوند	$kJ.mol^{-1}$
$N - H$	۳۹۱
$C - O$	۳۵۸
$C - N$	۳۰۵
$C = N$	۶۱۵
$C = O$	۷۴۵
$O - H$	۴۶۷

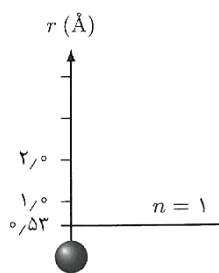
## قسمت دوم:

فاصله‌ی مدارهای اطراف هسته‌ی اتم هیدروژن (یا یون‌های هیدروژن‌مانند) تا هسته‌ی اتم و انرژی تنها الکترون این اتم در هر یک از مدارهای هسته، طبق مدل بوهر از روابط زیر به دست می‌آید:

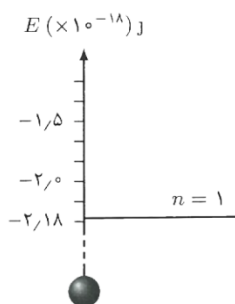
$$r_n = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 K m Z e^2} \quad \text{و} \quad E_n = \frac{-2\pi^2 K^2 m Z^2 e^4}{n^2 h^2} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

اگر شعاع اتم هیدروژن برابر  $53 \text{ \AA}$  / و انرژی تنها الکترون این اتم در حالت پایه برابر  $18 \times 10^{-18} \text{ J}$  /  $-2$  ژول باشد، با توجه به اطلاعات داده شده به سؤالات زیر پاسخ دهید:

ج) فاصله‌ی دومین، سومین و چهارمین مدار را تا هسته‌ی اتم هیدروژن محاسبه کنید.



چ) در شکل مقابل، جایگاه مدارهای دوم، سوم و چهارم را (مانند مدار اول) نشان دهید.



ح) انرژی الکترون را در ترازهای دوم، سوم و چهارم محاسبه کنید.

خ) در شکل مقابل، جایگاه ترازهای انرژی دوم، سوم و چهارم را (مانند تراز اول) نشان دهید.

۲- ماه  
طلا به صورت فلزی در معادن یافت می‌شود. برای استخراج طلا در حضور محلول رقیق سدیم سیانید هوازنی انجام می‌شود که در نتیجه‌ی آن طلا به صورت محلول  $Na[Au(CN)_2]$  در می‌آید و  $NaOH$  تولید می‌شود.

الف) معادله‌ی موازنه‌شده‌ی واکنش را بنویسید.

طلا را می‌توان در مخلوطی از  $HCl$  و  $HNO_3$  حل کرد. در این واکنش گاز  $NO$  آزاد می‌شود و طلا به صورت  $HAuCl_4$  در می‌آید.

ب) معادله‌ی واکنش را بنویسید و موازنه کنید.

تحت شرایطی متفاوت، در واکنش طلا با مخلوطی از  $HCl$  و  $HNO_3$ ، گاز  $NO_2$  آزاد می‌شود و طلا به صورت  $HAuCl_4$  در می‌آید.

پ) معادله‌ی واکنش را بنویسید و موازنه کنید.

۳- ماه  
وقتی ابررسانای دمای بالا «ایتیریم باریم مس اکسید» تحت اتمسفر  $H_2$  تا دمای  $1000^\circ C$  درجه‌ی سلسیوس حرارت ببیند، جامدی از آن باقی خواهد ماند که فقط شامل  $Cu$ ،  $BaO$  و  $Y_2O_3$  خواهد بود. چنانچه ابررسانای فوق دارای فرمول  $YBa_xCu_yO_{y-x}$  باشد.

الف) معادله‌ی موازنه شده‌ی این فرایند را بنویسید.

ب) چنانچه آزمایش فوق را با  $28/19$  میلی‌گرم از  $YBa_xCu_yO_{y-x}$  آغاز کنیم، وزن جامد باقی‌مانده در دمای  $1000^\circ C$  معادل  $25/85$  میلی‌گرم می‌باشد. مقدار  $x$  را در فرمول ابررسانا محاسبه کنید.

$$(Cu = 63/5, O = 16/8, Ba = 137/3, Y = 88/9g.mol^{-1})$$

۴- ماه  
در اتم‌های انرژی را با واحد اتوژول ( $aJ$ ) گزارش می‌کنند که معادل  $10^{-18} \text{ ژول}$  است ( $1aJ = 10^{-18} \text{ J}$ ). براساس مدل کوانتومی برای اتم هیدروژن و یون‌های تک‌الکترونی (هیدروژن مانند)، چهار عدد کوانتومی  $n$ ،  $l$ ،  $m_l$  و  $m_s$  وجود دارند، در حالی که انرژی ترازها فقط به

عدد کوانتومی اصلی  $n$  بستگی دارد و از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید که در آن  $E_n$  برحسب اتوژول و  $Z$  عدد اتمی (بار هسته) است:

$$E_n = -2/180 \left( \frac{Z^2}{n^2} \right)$$

اگر بخواهیم انرژی ترازهای اتم هیدروژن مانند را با دقت بیشتری محاسبه کنیم باید اثرات نسبیت خاص را نیز در نظر بگیریم (در واقع چنین اثراتی در اتم‌ها وجود دارند). در این صورت معادله‌ی جدید و تصحیح‌شده‌ای برای انرژی اتم تک‌الکترونی (برحسب اتوژول) به دست می‌آید که علاوه بر  $n$ ، به عدد کوانتومی جدیدی به نام  $j$  نیز بستگی دارد:

$$E_{n,j} = -2/18 \cdot \left(\frac{Z^2}{n^2}\right) - 1/16 \times 10^{-4} \left(\frac{Z^4}{n^4}\right) \left(\frac{n}{j + \frac{1}{4}} - \frac{3}{4}\right)$$

عدد کوانتومی  $j$  می‌تواند مقادیر  $l + \frac{1}{4}$  و  $l - \frac{1}{4}$  داشته باشد. البته  $j$  هیچ‌گاه منفی نیست و برای اوربیتال‌های  $s$ ، ( $l = 0$ )، تنها مقدار  $j = \frac{1}{4}$  وجود دارد. به‌عنوان مثال برای اوربیتال‌های  $1s$ ،  $2s$  و  $2p$  خواهیم داشت:

$$2p : n = 2, l = 1, j = \frac{3}{2} \quad \text{و} \quad 2p : n = 2, l = 1, j = \frac{1}{2}$$

$$2s : n = 2, l = 0, j = \frac{1}{2} \quad \text{و} \quad 1s : n = 1, l = 0, j = \frac{1}{2}$$

به دلیل وجود معادله‌ی نسبیتی فوق، انرژی‌های  $j = \frac{1}{2}$  و  $j = \frac{3}{2}$  در اوربیتال‌های  $2p$  با هم اندکی متفاوت می‌شوند.

الف) برای یون تک‌الکترونی اکسیژن ( $O^{6+}$ )، انرژی‌های  $1s$  و  $2p$  را با استفاده از معادله‌ی نسبیتی فوق به‌دست آورید. جواب آخر را برحسب اتوزول و با ۳ رقم اعشار گزارش کنید.

ب) بر اساس مدل کوانتومی-نسبیتی، در طیف نوری اتم هیدروژن و یون‌های تک‌الکترونی، جهش‌هایی مجاز هستند که از قواعد زیر پیروی کنند:

$$n', l', j' \rightarrow n, l, j : \quad \Delta l = l' - l = \pm 1 \quad \text{و} \quad \Delta j = j' - j = 0, \pm 1$$

به‌عنوان مثال برای انتقال الکترون از  $n' = 2$  به  $n = 1$  در اتم هیدروژن تنها دو جهش مجاز وجود دارد:

$2p(j = \frac{3}{2}) \rightarrow 1s(j = \frac{1}{2})$	$2p(j = \frac{1}{2}) \rightarrow 1s(j = \frac{1}{2})$
---	---

مانند مثال فوق و با در نظر گرفتن قواعد ذکر شده، کلیه‌ی جهش‌های مجاز برای انتقال الکترون از  $n' = 3$  به  $n = 2$  در طیف نوری اتم هیدروژن را بنویسید. نوشتن هر جهش اشتباه (غیر مجاز) نمره‌ی منفی دارد.

پ) نور زردی که در آزمایش شعله از قرار گرفتن پنبه‌ی آغشته به محلول  $NaCl$  در شعله‌ی آتش ایجاد می‌شود، طول موجی حدود  $590$  نانومتر ( $590 \times 10^{-9}$ ) دارد. این نور در واقع از طیف نوری اتم سدیم بوده و از دو خط طیفی بسیار نزدیک به هم در  $589.158$  و  $589.576$  نانومتر تشکیل شده است:

$$Na : 3p(j = \frac{1}{2}) \rightarrow 3s(j = \frac{1}{2}), \quad \lambda = 589 / 756 nm, \quad \Delta E_1$$

$$Na : 3p(j = \frac{3}{2}) \rightarrow 3s(j = \frac{1}{2}), \quad \lambda = 589 / 158 nm, \quad \Delta E_2$$

دقت کنید که در این جهش‌ها عدد کوانتومی  $n$  تغییر نکرده است. همچنین، چون اتم سدیم تک‌الکترونی نیست، معادلات انرژی بخش «الف»

برای اتم  $Na$  قابل استفاده نیستند. با استفاده از معادله‌ی  $\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$  که در آن  $\lambda$  طول موج فوتون نشر شده،  $h$  ثابت پلانک،  $c$  سرعت نور

در خلأ و  $\Delta E$  اختلاف انرژی دو تراز است، مقادیر عددی  $\Delta E_1$  و  $\Delta E_2$  را برای دو جهش فوق در اتم سدیم برحسب اتوزول به‌دست آورید و

سپس اختلاف انرژی دو تراز  $3p(j = \frac{3}{2})$  و  $3p(j = \frac{1}{2})$  اتم سدیم را به‌دقت تعیین کنید.

$$(c = 2 / 99792458 \times 10^8 m/s, h = 6 / 62606957 \times 10^{-34} J.s)$$

۵- توجه: در تمام محاسبات این سؤال، دما را  $300\text{K}$  در نظر بگیرید. رعایت علامت جبری در پاسخها ضروری است.

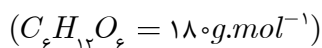
الف) آیا انجام واکنش  $6\text{CO}_2(g) + 6\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(s) + 6\text{O}_2(g)$  با در نظر گرفتن  $\Delta H^\circ = +2811/\text{kJ}$  و  $\Delta S^\circ = -26\text{J.K}^{-1}$  «خود به خودی» یا «غیرخود به خودی» است؟ جمله زیر را کامل کنید:

در واکنش فوق هم عامل  و هم عامل ،  است.

ب)  $\Delta G^\circ$  واکنش «الف» برحسب کیلوژول بر مول چقدر است؟

پ) واکنش «الف» از راه فتوسنتز با جذب فوتونهای نور انجام می‌شود و انرژی آزاد گیبس لازم برای انجام واکنش توسط انرژی فوتونهای جذب شده تأمین می‌شود. برای آنکه یک مولکول  $\text{O}_2$  طبق واکنش «الف» آزاد شود، باید حداقل چند فوتون که میانگین انرژی هر یک  $4 \times 10^{-19}\text{J}$  است به‌طور مؤثر جذب واکنش شود؟ (ثابت آووگادرو  $= 6.02 \times 10^{23}\text{mol}^{-1}$ )

ت) اگر  $10\%$  مول فوتون با مشخصات داده شده با بازدهی  $1\%$  جذب محیط واکنش شود، چند گرم  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  سنتز خواهد شد؟



ث)  $\Delta H^\circ$  سوختن  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(s)$  در شرایط بند «الف» برحسب کیلوژول بر مول چقدر است؟

ج)  $\Delta G_f^\circ$  ترکیب  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(s)$  در شرایط بند «الف» و برحسب کیلوژول بر مول چقدر است؟ می‌دانیم که برای  $\text{CO}_2(g)$  و  $\text{H}_2\text{O}(l)$  در شرایط داده شده به‌ترتیب برابر با  $-395$  و  $-237$  کیلوژول بر مول است.

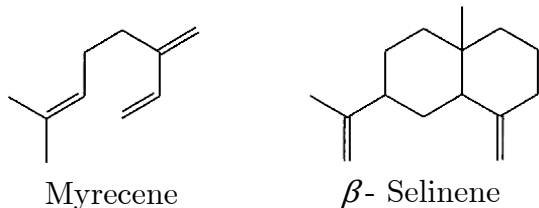
چ) واکنش  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(aq) \rightarrow 26\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(aq) + 2\text{CO}_2(g)$  گرماگیر یا گرماده است.  $\Delta H_f^\circ$  برای گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش از چپ به راست به‌ترتیب برابر با  $-127$ ،  $-280$ ، و  $-393/5$  کیلوژول بر مول است.

ح) از  $\Delta E^\circ$  و  $\Delta H^\circ$  واکنش «چ» کدام یک از لحاظ جبری بزرگ‌تر است؟

خ)  $\Delta H^\circ$  سوختن الماس و گرافیت به‌ترتیب برابر با  $-395/5$  و  $-393/5$  کیلوژول بر مول است.  $\Delta H^\circ$  واکنش تبدیل گرافیت به الماس برحسب کیلوژول بر مول کدام است؟

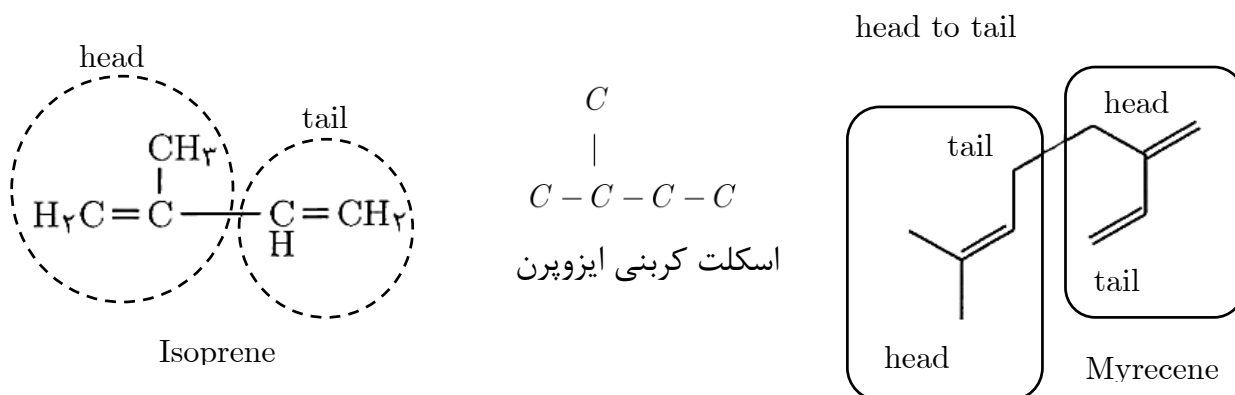
۶- قسمت اول:

ترپن‌ها دسته‌ای چربی‌ها هستند و در روغن‌های اسانس‌دار که از گیاهان استخراج می‌شوند، وجود دارند. Myrcene و  $\beta$ -Selinene



در سال ۱۸۱۸ محققین پی بردند که نسبت  $C : H$  در ترپن‌ها مقدار ثابت  $8 : 5$  است و در سال ۱۸۸۷ معلوم شد که ترپن‌ها از دو یا تعداد بیشتری از اسکلت‌های کربنی ایزوپرنی (۲-متیل-۱،۳-بوتادی ان) ساخته می‌شوند که به‌صورت سر به دم (head to tail) به هم پیوند

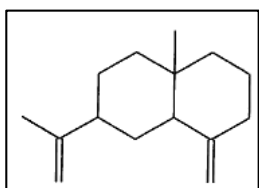
می‌شوند. البته گاهی در ترپن‌ها علاوه بر پیوندهای سر به دم، پیوندهای دم به دم هم دیده می‌شود. Myrcene از دو واحد ایزوپرنی ساخته شده است که به صورت سر به دم (head to tail) به هم پیوند شده‌اند:



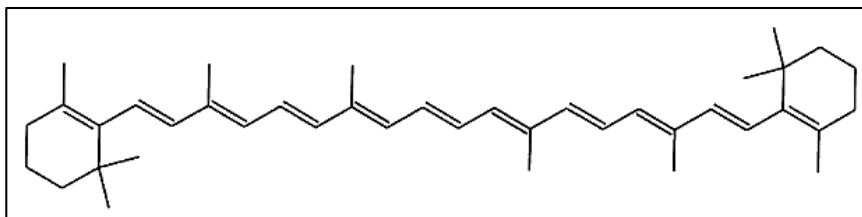
الف)  $\beta$ -Selinene از چند واحد ایزوپرنی ساخته شده است؟

ب) دور واحدهای ایزوپرنی در کادر زیر خط بکشید.

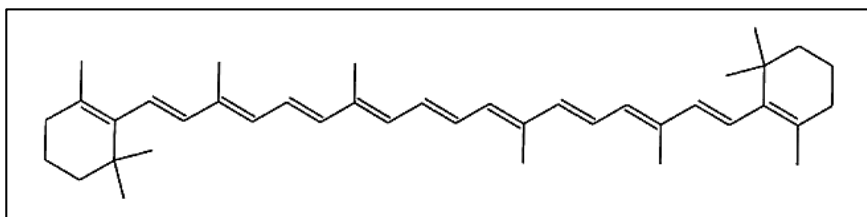
(برای این منظور مشابه الگوی داده شده در Myrcene عمل کنید تا نمره‌ای از شما کسر نشود، لازم نیست خطی که رسم می‌کنید حتماً به شکل مستطیل باشد. نوشتن کلمه‌های head و tail ضروری نیست.)



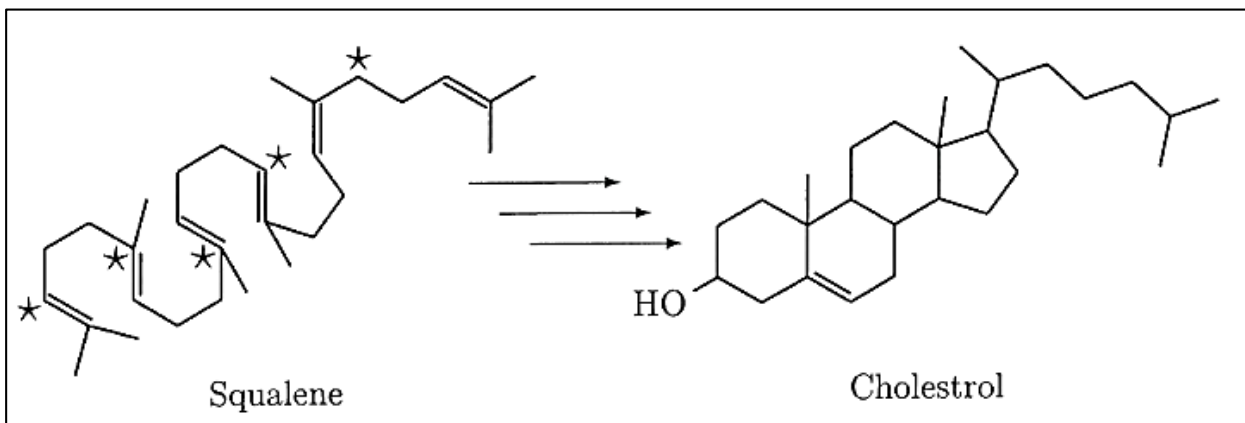
پ)  $\beta$ -Carotene یک ترپن است که در بعضی گیاهان مانند هویج یافت می‌شود. دور واحدهای ایزوپرنی  $\beta$ -Carotene در کادر زیر خط بکشید.



ت) اگر در  $\beta$ -Carotene پیوند دم به دم وجود دارد دور آن پیوند در کادر زیر خط بکشید.



ت) کلسترول (Cholesterol) نوعی چربی از دسته‌ی استروئیدها است که از ترپن دیگری به نام Squalene به‌طور پیچیده‌ای بیوسنتز می‌شود. در این بیوسنتز اسکلت کربنی Squalene تغییر می‌کند، به این صورت که بعضی از گروه‌های متیل واحدهای ایزوپرنی حذف می‌شوند و بعضی از گروه‌های متیل موقعیت‌شان تغییر می‌کند. برخی از کربن‌های Squalene با علامت ستاره در کادر صفحه‌ی بعد مشخص شده‌اند. این کربن‌ها را در کلسترول حدس بزنید و با علامت ستاره نمایش دهید.



قسمت دوم:

ترکیب A با گاز هیدروژن، تحت شرایطی که آلکن‌ها و آلکین‌ها به راحتی هیدروژن‌دار می‌شوند، به‌طور کامل سیر می‌شود و هیدروکربن B به فرمول مولکولی  $C_9H_{14}$  به دست می‌آید. وقتی A با یک مول گاز  $D_2$  تحت شرایط فوق واکنش می‌دهد فقط C به دست می‌آید. از واکنش C با یک مول گاز  $H_2$ ، تحت شرایط فوق، فقط یک ترکیب با فرمول مولکولی  $C_9H_{14}D_2$  به دست می‌آید. ساختار A را رسم کنید. (D ایزوتوپ H است.)

### کلید سوالات

۱ الف ب ج د هـ	۲۱ الف ب ج د هـ	۴۱ الف ب ج د هـ
۲ الف ب ج د هـ	۲۲ الف ب ج د هـ	۴۲ الف ب ج د هـ
۳ الف ب ج د هـ	۲۳ الف ب ج د هـ	۴۳ الف ب ج د هـ
۴ الف ب ج د هـ	۲۴ الف ب ج د هـ	۴۴ الف ب ج د هـ
۵ الف ب ج د هـ	۲۵ الف ب ج د هـ	۴۵ الف ب ج د هـ
۶ الف ب ج د هـ	۲۶ الف ب ج د هـ	۴۶ الف ب ج د هـ
۷ الف ب ج د هـ	۲۷ الف ب ج د هـ	۴۷ الف ب ج د هـ
۸ الف ب ج د هـ	۲۸ الف ب ج د هـ	۴۸ الف ب ج د هـ
۹ الف ب ج د هـ	۲۹ الف ب ج د هـ	۴۹ الف ب ج د هـ
۱۰ الف ب ج د هـ	۳۰ الف ب ج د هـ	۵۰ الف ب ج د هـ
۱۱ الف ب ج د هـ	۳۱ الف ب ج د هـ	۵۱ الف ب ج د هـ
۱۲ الف ب ج د هـ	۳۲ الف ب ج د هـ	۵۲ الف ب ج د هـ
۱۳ الف ب ج د هـ	۳۳ الف ب ج د هـ	۵۳ الف ب ج د هـ
۱۴ الف ب ج د هـ	۳۴ الف ب ج د هـ	۵۴ الف ب ج د هـ
۱۵ الف ب ج د هـ	۳۵ الف ب ج د هـ	۵۵ الف ب ج د هـ
۱۶ الف ب ج د هـ	۳۶ الف ب ج د هـ	۵۶ الف ب ج د هـ
۱۷ الف ب ج د هـ	۳۷ الف ب ج د هـ	۵۷ الف ب ج د هـ
۱۸ الف ب ج د هـ	۳۸ الف ب ج د هـ	۵۸ الف ب ج د هـ
۱۹ الف ب ج د هـ	۳۹ الف ب ج د هـ	۵۹ الف ب ج د هـ
۲۰ الف ب ج د هـ	۴۰ الف ب ج د هـ	۶۰ الف ب ج د هـ