



جمهوری اسلامی ایران  
وزارت آموزش و پرورش



مبارزه علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست و جو و کشف واقعیت هاست. «امام خمینی (ره)»

اینجانب ..... (شرکت کننده) این دفترچه را به صورت کامل (۸ برگه با احتساب جلد) دریافت نمودم امضاء

اینجانب ..... (منشی حوزه) تعداد ..... برگه (با احتساب جلد) دریافت نمودم امضاء

### دفترچه سوالات تستی سی و سومین دوره المپیاد شیمی تاریخ: ۱۴۰۲/۰۲/۱۱

تعداد سوالات	ساعت شروع	مدت آزمون (دقیقه)
۴۰	۰۸:۰۰	۳۰۰ (تشریحی و تستی)



#### تایید کمیته علمی

استان: ----

منطقه: ----

پایه تحصیلی: ----

شماره پرونده: .

کد ملی: .

نام پدر: ----

نام مدرسه: ----



حوزه: ----

شماره سندلی

.....

کد دفترچه

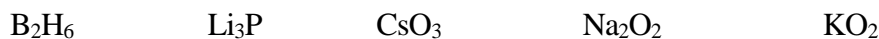
-

#### توضیحات مهم

##### استفاده از هر نوع ماشین حساب مجاز است

- سوال‌های این آزمون به دو شکل تشریحی و چهارگزینه‌ای و در دو دفترچه جداگانه طراحی شده‌اند، این دو دفترچه همزمان در اختیار شرکت کنندگان قرار می‌گیرند.
- بلافاصله پس از آغاز آزمون تعداد سوال‌های داخل دفترچه را بررسی نمایید و از وجود همه برگه‌های دفترچه سوال مطمئن شوید. در صورت وجود هر گونه نقصی، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید.
- یک پاسخ‌برگ چهارگزینه‌ای در اختیار شما قرار گرفته که مشخصات شما روی آن نوشته شده است. در صورت نادرست بودن آن، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید.
- کلیه جواب‌های سوال‌های چهارگزینه‌ای باید در پاسخ‌برگ چهارگزینه‌ای وارد شوند. پاسخ‌های نوشته شده در دفترچه سوال تصحیح نشده و به آن‌ها هیچ نمره‌ای تعلق نخواهد گرفت.
- پاسخ برگ چهارگزینه‌ای شما را دستگاه تصحیح می‌کند. پس آن را تا نکنید و تمیز نگه دارید و پاسخ هر سوال را با مداد مشکی نرم در محل خانه مربوطه کاملاً سیاه کنید.
- همراه داشتن هر گونه کتاب، جزوه، یادداشت، جدول تناوبی عناصر و لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه، ساعت هوشمند، دستبند هوشمند و لپ‌تاب ممنوع است همراه داشتن این قبیل وسایل حتی اگر از آن استفاده نکنید یا خاموش باشد تقلب محسوب خواهد شد.
- پاسخ درست به هر سوال چهارگزینه‌ای ۳ نمره مثبت و هر پاسخ نادرست یک نمره منفی دارد.
- شرکت کنندگان در دوره تابستانی از بین دانش‌آموزان پایه یازدهم انتخاب می‌شوند.
- دفترچه‌های سوال باید همراه پاسخ برگ به مسئولین جلسه تحویل داده شود.

۱- چه تعداد از ترکیبات زیر بر اثر انحلال در آب سرد، گاز آزاد می‌کنند؟



(۱) دو                      (۲) سه                      (۳) چهار                      (۴) پنج

۲- اگر دو اربیتال اتمی دارای شکل و جهت‌گیری فضایی یکسان باشند ولی تعداد گره‌های شعاعی آن‌ها متفاوت باشد، کدام گزینه در مورد آنها صادق است؟

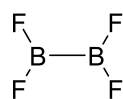
(۱) هر دو اربیتال دارای مقدار یکسان  $l$  ولی مقادیر متفاوت  $m_l$  هستند.

(۲) هر دو اربیتال دارای مقدار یکسان  $m_l$  ولی مقادیر متفاوت  $l$  هستند.

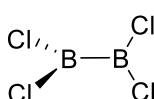
(۳) هر دو اربیتال دارای مقدار یکسان  $m_l$  ولی مقادیر متفاوت  $m_s$  هستند.

(۴) هر دو اربیتال دارای مقدار یکسان  $l$  ولی مقادیر متفاوت  $n$  هستند.

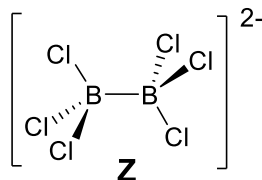
۳- کدام گزینه در خصوص مقایسه‌ی طول پیوند B-B در گونه‌های زیر صحیح است؟



X



Y



Z

(۴)  $Z < Y < X$

(۳)  $Y < X < Z$

(۲)  $X < Y < Z$

(۱)  $X < Z < Y$

۴- یک محلول آبی که شامل یونهای  $Cu(II)$  و  $Rh(III)$  است، الکترولیز می‌شود. پس از عبور جریان با شدت  $0.1394$  آمپر به مدت پنج ساعت، مقدار  $0.18257$  گرم فلز رسوب می‌کند. فلز رسوب کرده کدام است؟ ثابت فارادی  $96485$  کولن بر مول است. ( $Cu = 63.5$ ،  $Rh = 102.9$ )

(۱) مس با خلوص  $99/99$  درصد                      (۲) رودیم با خلوص  $99/99$  درصد

(۳) آلیاژ  $98$  درصد مس و  $2$  درصد رودیم                      (۴) آلیاژ  $98$  درصد رودیم و  $2$  درصد مس

۵- هنگامی که  $KCl$  در حضور  $K_2Cr_2O_7$  و  $H_2SO_4$  غلیظ حرارت داده‌شود، بخار قرمز رنگ **A** (حاوی  $33/5$  درصد کروم) تولید می‌شود. عبور این بخار از درون محلول  $NaOH$ ، منجر به تشکیل محلولی حاوی نمک زرد رنگ **B** (حاوی  $32/1$  درصد کروم) می‌شود. این محلول زرد رنگ در حضور استیک اسید و سرب (II) استات، رسوب زرد رنگ **C** (حاوی  $16/1$  درصد کروم) را تولید می‌کند. کدامیک از گزینه‌های زیر در مورد محصولات **A**، **B** و **C** صحیح است؟ ( $Pb = 207.2$ ،  $S = 32.1$ ،  $O = 16.0$ ،  $Cl = 35.5$ ،  $Cr = 52.0$ ،  $Na = 23.0$ ،  $K = 39.1$ )

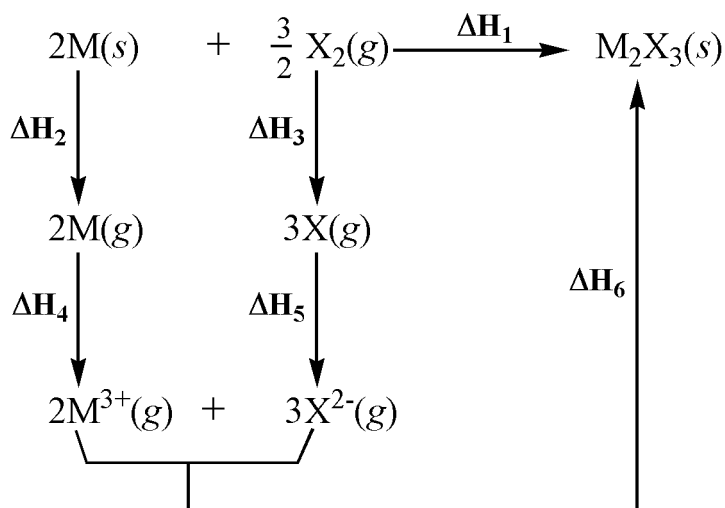
(۱) ترکیبات **A**، **B** و **C** دارای  $Cr(VI)$  هستند.                      (۲) ترکیبات **A** و **B** دارای  $CrO_4^{2-}$  هستند.

(۳) ترکیب **A** دارای  $Cr(III)$  است.                      (۴) ترکیب **C** دارای آنیون استات است.

۶- برای جدا کردن یک الکترون از کدام گونه در حالت گازی به انرژی کمتری نیاز است؟

(۱)  $O_2$                       (۲)  $CO$                       (۳)  $O_2^+$                       (۴)  $NO$

۷- چرخه‌ی بورن-هابر برای تشکیل جامد  $M_2X_3$  در زیر آمده‌است. اگر همه‌ی مقادیر در این چرخه بر حسب کیلوژول بر مول باشند، کدام گزینه صحیح است؟



- (۱)  $\Delta H_1$  تشکیل  $M_2X_3(s)$  همیشه مثبت است. (۲)  $\Delta H_1 = 2\Delta H_2 + \frac{1}{2}\Delta H_3 + 2\Delta H_4 + 3\Delta H_5 + \Delta H_6$  (۳) آنتالپی دومین الکترون خواهی  $X$  مثبت است. (۴)  $\Delta H_1$  تشکیل  $M_2X_3(s)$  همیشه منفی است.

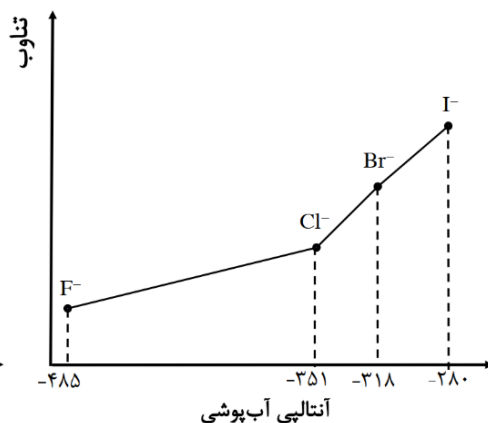
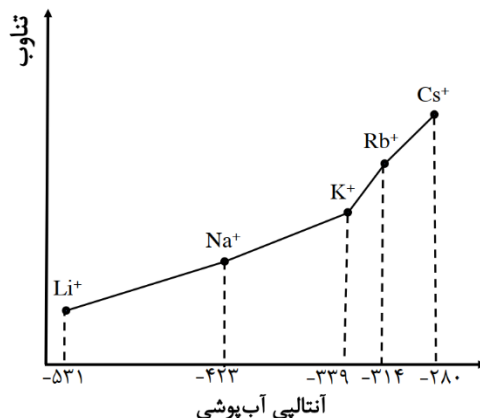
۸- کدام گزینه در مورد قدرت اسیدی اسید حاصل از انحلال اکسیدهای زیر در آب صحیح است؟

<p>(۲)</p>	<p>(۱)</p>
<p>(۴)</p>	<p>(۳)</p>

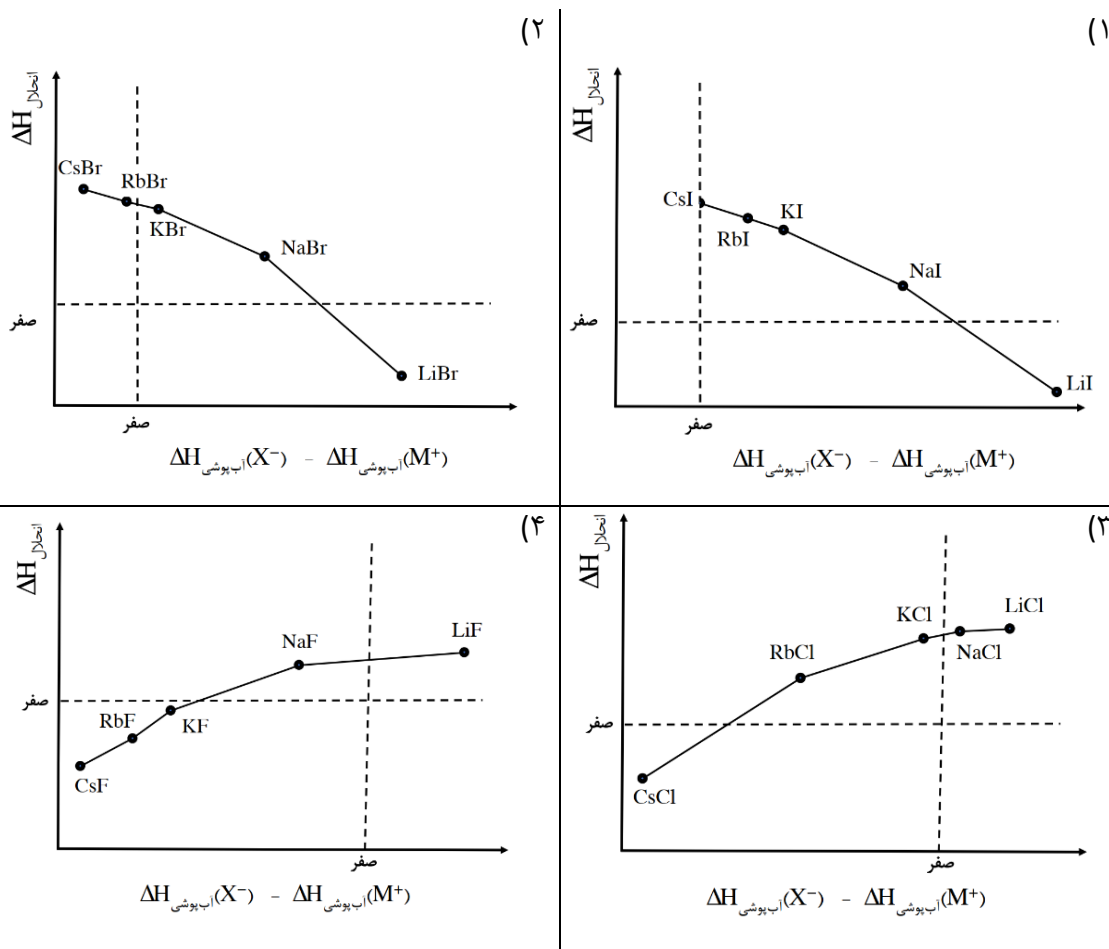
سوال‌های چهارگزینه‌ای مرحله دوم سی و سومین دوره المپیاد شیمی

۹- اطلاعات مربوط به انرژی شبکه و آنتالپی آب‌پوشی در دمای  $25^\circ\text{C}$  بر حسب کیلوژول بر مول در زیر آمده است.

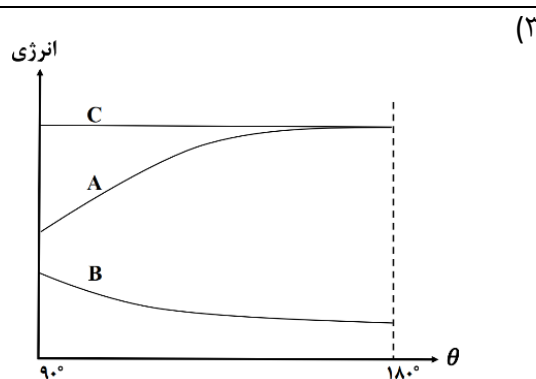
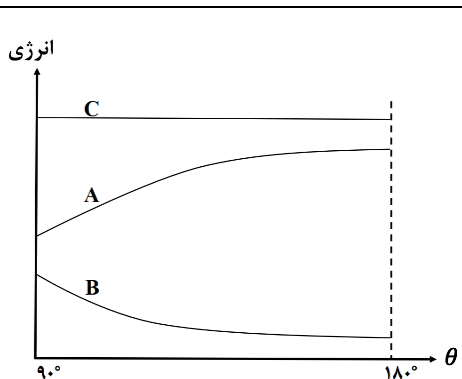
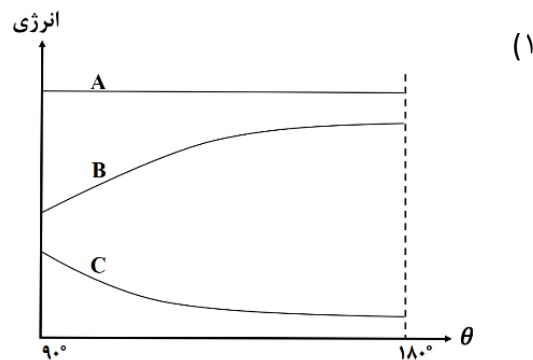
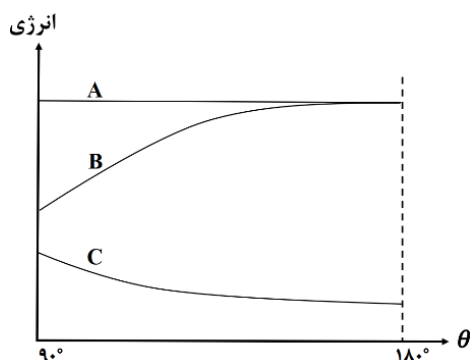
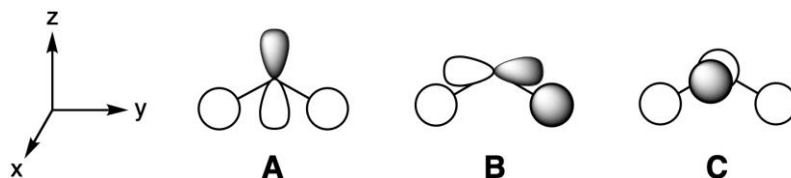
انرژی شبکه‌ی MX	Li	Cs
F	۱۰۳۶	۷۴۰
Cl	۸۵۳	۶۵۹
Br	۸۰۷	۶۳۱
I	۷۵۷	۶۰۴



در کدامیک از گزینه‌های زیر، نمودار آنتالپی انحلال نمک MX در آب برحسب اختلاف آنتالپی‌های آب‌پوشی یون‌های تشکیل‌دهنده آن ( $M^+$  و  $X^-$ ) نادریست است؟



۱۰- سه مورد از اربیتال‌های مولکولی  $AH_2$  که از برهم‌کنش اربیتال‌های  $p_x$ ،  $p_y$  و  $p_z$  اتم  $A$  و اربیتال  $1s$  اتم‌های هیدروژن تشکیل شده‌اند، نشان داده شده است. اگر زاویه پیوند  $\hat{H}A\hat{H}$  ( $\theta$ ) از حالت خمیده به خطی تغییر کند، انرژی این اربیتال‌های مولکولی چگونه تغییر خواهد کرد؟



۱۱- یکی از ویژگی‌های مهم پروتئین‌ها وابستگی بار کلی آن‌ها به pH می‌باشد. گروه‌های اسیدی در pH های مختلف دارای بار منفی یا خنثی و گروه‌های بازی در pH های مختلف دارای بار مثبت یا خنثی هستند. pH ای که در آن بار کلی پروتئین صفر است، نقطه‌ی ایزوالکتریک نام دارد. پروتئینی به نام آلبومین سرم گاوی (BSA) تحت تاثیر میدان الکتریکی در محلول آبی مهاجرت می‌کند. سرعت مهاجرت این پروتئین به سمت قطب منفی، در pH های مختلف بررسی شده‌است. در نقطه‌ی ایزوالکتریک این پروتئین، pH چقدر است؟ سرعت مهاجرت رابطه خطی با pH دارد.

pH	۴/۲۰	۴/۵۶	۵/۲۰	۵/۶۵	۶/۳۰
سرعت ( $\mu\text{m/s}$ )	+۰/۵۰	+۰/۱۸	-۰/۲۵	-۰/۶۵	-۰/۹۰

۵/۱ (۴)

۵/۱۰ (۳)

۴/۸ (۲)

۴/۶ (۱)

۱۲- بر اساس نظریه‌ی اربیتال مولکولی، کدام گزینه ترتیب مرتبه‌ی پیوند را در مولکول‌های زیر به درستی نشان می‌دهد؟

- (۱)  $OF < B_2 < BO < C_2$  (۲)  $OF < B_2 < C_2 < BO$   
 (۳)  $B_2 < OF < BO < C_2$  (۴)  $B_2 < OF < C_2 < BO$

۱۳- سلول واحد  $Al_2MgO_4$ ، مکعبی با طول ضلع  $۸.۰۹$  پیکومتر است و  $۳۲$  اتم اکسیژن در آن وجود دارد. چگالی این جامد چند گرم بر سانتی متر مکعب است؟ ( $O = ۱۶/۰$ ،  $Al = ۲۷/۰$ ،  $Mg = ۲۴/۳$ )

- (۱)  $۳/۵۷$  (۲)  $۱/۷۸$  (۳)  $۷/۱۴$  (۴)  $۱۴/۳$

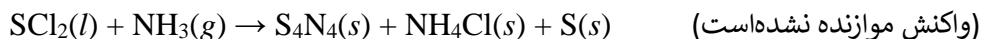
۱۴- مخلوطی از  $H_2S$  و  $CS_2$  در اکسیژن به طور کامل می‌سوزد. جرم گاز  $SO_2$  تولید شده پنج برابر جرم  $CO_2$  است. درصد جرمی  $CS_2$  در مخلوط اولیه چقدر بوده است؟ ( $H = ۱/۰$ ،  $C = ۱۲/۰$ ،  $S = ۳۲/۰$ ،  $O = ۱۶/۰$ )

- (۱)  $۶۱$  (۲)  $۴۸$  (۳)  $۳۹$  (۴)  $۴۱$

۱۵- اگر  $a$  و  $b$  به ترتیب انرژی‌های لازم برای تبدیل هسته‌های  $^3He$  و  $^4He$  به اجزای تشکیل‌دهنده‌ی آنها (پروتون و نوترون) باشند، کدام مقایسه در مورد مقادیر  $a$  و  $b$  صحیح است؟

- (۱)  $a = ۰.۷۵ b$  (۲)  $a < ۰.۷۵ b$  (۳)  $۰.۷۵ b < a < b$  (۴)  $a = b$

۱۶- با توجه به اطلاعات ترمودینامیکی داده‌شده،  $\Delta H^\circ$  برای واکنش زیر چند کیلوژول بر مول است؟



واکنش	$\Delta H^\circ$ (kJmol <sup>-1</sup> )
$S_4N_4(s) \rightarrow 4S(s) + 2N_2(g)$	-۴۶۰
$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$	-۹۱/۸
$S(s) + Cl_2(g) \rightarrow SCl_2(l)$	-۵۰/۰
$H_2S(g) + 2Cl_2(g) \rightarrow SCl_2(l) + 2HCl(g)$	-۲۱۴
$SCl_2(l) + 2H_2(g) \rightarrow H_2S(g) + 2HCl(g)$	-۱۵۵
$NH_3(g) + HCl(g) \rightarrow NH_4Cl(s)$	-۱۷۶

- (۱)  $-۳۱۹۵$  (۲)  $-۲۸۲۱$  (۳)  $-۱۵۴۱$  (۴)  $-۲۲۷۵$

۱۷- زمان نیمه‌عمر واکنش مرتبه‌ی اول  $A \rightarrow P$  دو دقیقه است. زمان لازم برای پیشرفت واکنش از ۹۲ درصد به ۹۹ درصد چند ثانیه است؟

- (۱)  $۳۶۰$  (۲)  $۱۷$  (۳)  $۶۰.۶$  (۴)  $۱۹۵$

۱۸- محلولی حاوی ۰/۱ میلی‌مولار از  $Zn^{2+}$  و ۰/۱ میلی‌مولار از  $Co^{2+}$  است. این محلول را در محفظه‌ای قرار می‌دهیم که حاوی گاز  $H_2S$  با فشار ثابت ۰/۵ bar است تا مطابق تعادل زیر از  $H_2S$  اشباع گردد. pH این محلول را در چه مقداری تنظیم کنیم تا بیشترین مقدار روی سولفید رسوب کند، بدون آنکه رسوب حاصل آلوده به کبالت سولفید باشد؟



$pK_{a1,2}(H_2S) = 7/0, 13/0$	$K_{sp}(ZnS) = 2/7 \times 10^{-25}$	$K_{sp}(CoS) = 5/1 \times 10^{-22}$
-------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------

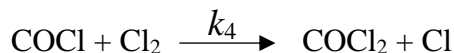
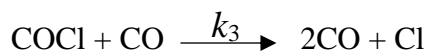
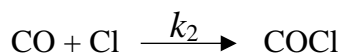
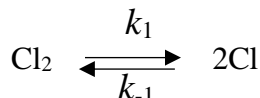
۱/۵ (۴)                      ۰/۴ (۳)                      ۲/۰ (۲)                      ۲/۳ (۱)

۱۹- مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش زیر پس از موازنه کدام است؟



۱۶۸ (۴)                      ۲۰۴ (۳)                      ۱۳۲ (۲)                      ۲۳۲ (۱)

۲۰- گاز فسژن ( $COCl_2$ ) از واکنش گاز کربن مونوکسید طبق مکانیسم زیر تولید می‌شود:



اگر در این مکانیسم در شرایط مشخصی  $k_3 \gg k_4$  باشد، قانون سرعت برای تولید فسژن در این شرایط کدام است؟

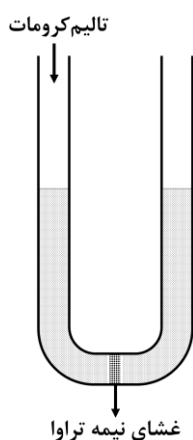
$r = k[Cl_2]^{3/2}$  (۴)                       $r = k[Cl_2]^{1/2}$  (۳)                       $r = k[CO][Cl_2]^{1/2}$  (۲)                       $r = k[CO][Cl_2]$  (۱)

۲۱- معادله‌ی زیر که به معادله‌ی حالت وان‌دروالس معروف است برای توصیف رفتار گازهای حقیقی استفاده می‌شود. این معادله اثرات مربوط به جاذبه و حجم ذرات گاز را در نظر می‌گیرد.  $a$  و  $b$  ثابت‌های وان‌دروالس هستند و به نوع گاز بستگی دارند.

$$\left( P + a \frac{n^2}{V^2} \right) (V - nb) = nRT$$

کدام گزینه در مورد مقایسه‌ی ثابت‌های وان‌دروالس گاز  $SiH_4$  (شماره ۱) و گاز  $CCl_4$  (شماره ۲) صحیح است؟

$a_1 < a_2, b_1 < b_2$  (۴)                       $a_1 > a_2, b_1 < b_2$  (۳)                       $a_1 < a_2, b_1 > b_2$  (۲)                       $a_1 > a_2, b_1 > b_2$  (۱)



۲۲- مطابق شکل، یک لوله‌ی U-شکل توسط یک غشای نیمه‌تراوا که تنها به مولکول‌های آب اجازه‌ی عبور می‌دهد، به دو بخش برابر تقسیم شده‌است. سطح مقطع لوله در هر دو بخش برابر  $5.0 \text{ cm}^2$  بوده و هر بخش حاوی  $5.0$  میلی‌لیتر آب مقطر است. به قسمت سمت چپ،  $2/5$  میلی‌گرم تالیوم (I) کرومات جامد اضافه می‌کنیم. پس از برقراری تعادل در دمای  $298 \text{ K}$ ، جرم جامد باقیمانده در لوله‌ی سمت چپ چند میلی‌گرم خواهد بود؟ چگالی مایع هر دو سمت را  $1000 \text{ kgm}^{-3}$  و شتاب گرانش را  $9.81 \text{ ms}^{-2}$  در نظر بگیرید. ( $Tl = 204/4$ ،  $Cr = 52/0$ ،  $O = 16/0$ )

$$K_{sp}(\text{تالیوم کرومات}) = 8/7 \times 10^{-13}$$

$$R = 8/3145 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

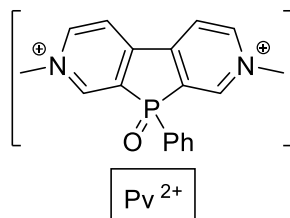
۰/۸۰ (۴)

۰/۶۸ (۳)

۰/۵۶ (۲)

۰/۲۰ (۱)

۲۳- در نمک  $[Pv][CF_3SO_3]_2$ ، کاتیون آل  $Pv^{2+}$  (شکل زیر) وجود دارد که یک فسفاویولوژن است و بر اثر کاهش الکتروشیمیایی آن، تغییر رنگ شدیدی مشاهده می‌شود. از اینگونه ترکیبات می‌توان برای ساخت شیشه‌های الکتروکرومیک (electrochromic) استفاده کرد که بر اثر اعمال یک ولتاژ الکتریکی، به صورت برگشت‌پذیر تیره می‌شوند. پتانسیل استاندارد برای کاهش تک‌الکترونی این ترکیب برابر  $-176 \text{ mV}$  است. میزان جذب نور توسط محلول‌های این ترکیب از رابطه‌ی  $-\log(I/I_0) = \epsilon bc$  پیروی می‌کند که در آن  $I_0$  و  $I$  به ترتیب شدت نور تابیده‌شده به محلول و خارج‌شده از محلول،  $b$  طول مسیر عبوری نور از درون محلول،  $c$  غلظت گونه‌ی کاهش‌یافته  $(Pv^{+})$  و  $\epsilon$  یک ثابت با مقدار عددی  $11700 \text{ Lmol}^{-1}\text{cm}^{-1}$  است. اگر بخواهیم لایه‌ای با ضخامت  $0.50 \text{ mm}$  از یک محلول  $[Pv][CF_3SO_3]_2$  بر اثر اعمال ولتاژ  $0.200 \text{ V}$  در دمای  $298 \text{ K}$  کلون تیره‌شود، به طوری که مانع از عبور  $99/9\%$  از نور ورودی باشد، غلظت اولیه‌ی  $[Pv][CF_3SO_3]_2$  در این محلول باید چند میلی‌مولار باشد؟  $R=8/3145 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$ ،  $F=96485 \text{ Cmol}^{-1}$



۵/۷ (۴)

۷/۱ (۳)

۵/۱ (۲)

۰/۷ (۱)

۲۴- اسیدی با فرمول  $H_xE_yO_z$  دارای ۱۸ اتم در هر مولکول خود است. نمک سدیم این اسید  $(Na_xE_yO_z)$  در بسیاری از شوینده‌های امروزی استفاده می‌شود و حاوی  $25/3\%$  درصد عنصر E است.  $54$  میلی‌گرم از این نمک را در  $5.0$  میلی‌لیتر آب حل کرده و به آن مقدار کافی از محلول روی استات/اورانیل استات اضافه می‌کنیم تا تمام سدیم موجود رسوب کند. رسوب حاصل در  $300^\circ \text{C}$  حرارت داده می‌شود تا به طور کامل به  $Na_2Zn_2(U_2O_7)_3$  تبدیل گردد. جرم جامد به دست آمده  $712$  میلی‌گرم است. عنصر E کدام گزینه می‌تواند باشد؟

$$(S=32/1, C=12, B=10/8, P=31/0, H=1, O=16, Na=23, Zn=65/4, U=238)$$

S (۴)

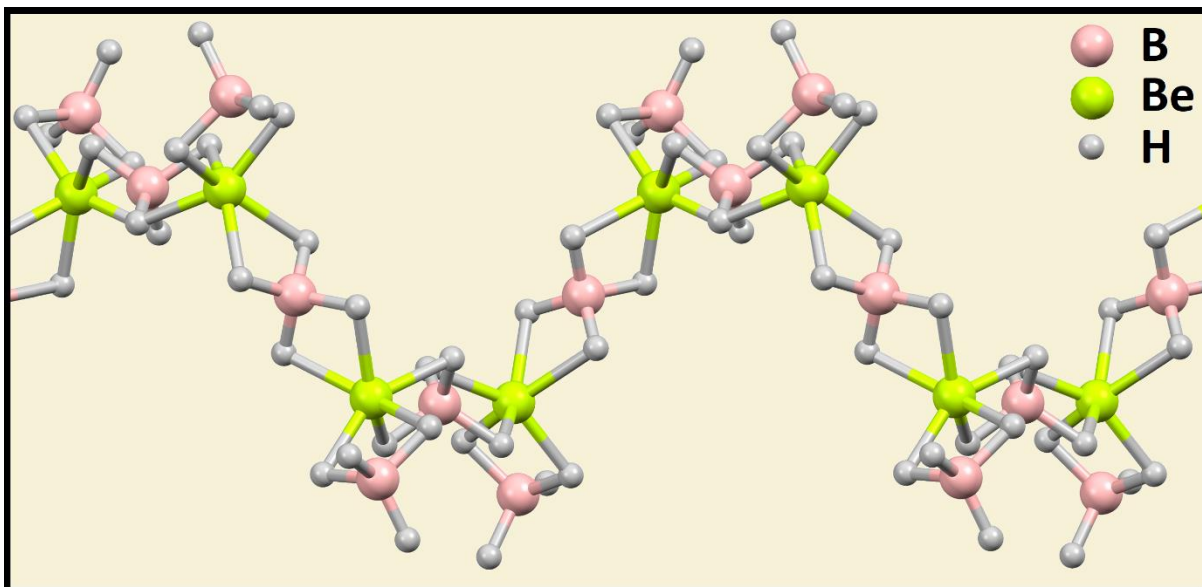
C (۳)

B (۲)

P (۱)



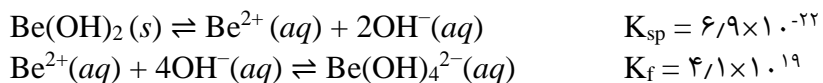
۲۵- ترکیب جامدی از بور، بریلیم و هیدروژن در ساختار بلورین خود دارای مارپیچ‌های تکرارشونده است. برشی از یکی از این مارپیچ‌ها در شکل زیر آمده است.



۱/۰ گرم از این ترکیب، با مقدار اضافی تری‌فنیل فسفین  $P(C_6H_5)_3$  واکنش می‌دهد و  $14/3$  گرم از ترکیب X (حاوی  $11/2$  درصد فسفر و  $3/9$  درصد بور) و  $0/28$  گرم از ماده‌ی Y تولید می‌کند. Y کدام گزینه می‌تواند باشد؟  
(Be = 9, B = 10/8, P = 31, C = 12, H = 1)



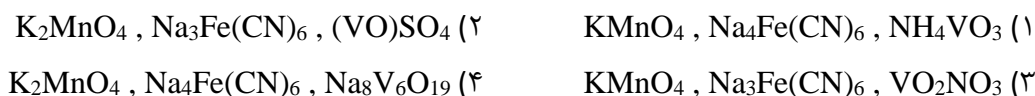
۲۶- بریلیم هیدروکسید خاصیت آمفوتری دارد و بر اساس تعادل‌های زیر، هم در محلول‌های اسیدی و هم در محلول‌های قلیایی حل می‌شود:



در pH به‌خصوصی، انحلال‌پذیری بریلیم هیدروکسید به کمترین مقدار خود می‌رسد. در این pH انحلال‌پذیری این نمک چند ppm است؟ (Be=9, O=16, H=1)



۲۷- در کدام گزینه، همه‌ی ترکیبات داده‌شده دارای خاصیت پارامغناطیسی هستند؟



۲۸- برای پف کردن کیک از پودرهای کیک‌پزی استفاده می‌شود. واکنش بین اجزای موجود در این پودرها در محلول آبی، منجر به آزاد شدن گاز  $\text{CO}_2$  می‌گردد. یک نمونه از پودر کیک‌پزی شامل سدیم کربنات، سدیم هیدروژن کربنات و کلسیم دی‌هیدروژن فسفات است. ۶/۰ گرم از این پودر را در مقداری آب حل کرده و حجم محلول را به ۲۵۰ میلی‌لیتر می‌رسانیم. حجم‌های ۵۰/۰ میلی‌لیتری از این محلول در دو آزمایش مختلف توسط محلول‌های استاندارد اسید یا باز تیتر می‌شوند و نتایج زیر به دست می‌آید:

محلول استاندارد	شناساگر	pH تغییر رنگ شناساگر	حجم محلول مورد نیاز برای رسیدن به نقطه‌ی پایانی (mL)
$\text{NaOH } 0.20 \text{ M}$	فنل فتالین	۹/۰	۹/۴۶
$\text{HCl } 0.20 \text{ M}$	متیل اورانژ	۴/۰	۵۲/۷۰

$$pK_{a1,2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 6.0, 11.0 \quad pK_{a1,2,3}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2.0, 7.0, 12.0$$

درصد سدیم کربنات در این نمونه از پودر کیک‌پزی چقدر است؟ ( $\text{H}=1, \text{O}=16, \text{C}=12, \text{P}=31, \text{Na}=23, \text{Ca}=40$ )

- (۱) ۱۵ (۲) ۳۱ (۳) ۵۰ (۴) ۲۰

۲۹- کمپلکس هشت‌وجهی  $[\text{Co}(\text{gly})_2(\text{H}_2\text{O})\text{Br}]^-$  دارای چند ایزومر هندسی (بدون در نظر گرفتن ایزومرهای نوری) است؟  $\text{gly}^-$  لیگاند دودندانه‌ی گلیسینات است که از یک طرف با اتم نیتروژن گروه آمینی و از طرف دیگر با اتم اکسیژن گروه کربوکسیلات به صورت سیس با یون‌های فلزی پیوند می‌دهد. ( $\text{gly}^- = \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CO}_2^-$ )

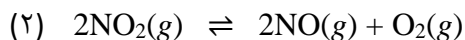
- (۱) سه (۲) چهار (۳) پنج (۴) شش

۳۰- یک ترکیب نیمه‌رسانا با فرمول تجربی  $\text{MGa}_x\text{In}_{(1-x)}\text{Se}_2$  که در آن  $0 < x < 1$  و M یک فلز مجهول است در ساخت سلول‌های خورشیدی استفاده می‌شود. ۲/۰ گرم از این ترکیب در ۲۵ میلی‌لیتر نیتریک اسید داغ حل می‌شود. بر اثر این واکنش، همه‌ی فلزات به بالاترین عدد اکسایش خود می‌رسند و سلنیم به عدد اکسایش +۴ اکسید می‌شود. بخشی از سلنیم به همراه کل ایندیم موجود در نمونه، به صورت یک جامد سفیدرنگ به جرم ۶۵۸ میلی‌گرم رسوب می‌کند که تنها حاوی ایندیم، سلنیم و اکسیژن است. حرارت دادن این رسوب در دمای  $800^\circ\text{C}$  باعث کاهش جرم ۵۴/۵ درصدی و تبدیل کامل آن به  $\text{In}_2\text{O}_3$  می‌شود. پس از جداسازی این رسوب، باقی‌مانده‌ی محلول اولیه که اکنون حاوی یون‌های گالیم، سلنیم و M است با  $\text{KMnO}_4$  تیتر می‌شود. برای ظاهر شدن رنگ بنفش پرمنگنات به ۱۹/۶۷ میلی‌لیتر محلول ۰/۲۰ مولار  $\text{KMnO}_4$  نیاز است. افزودن  $\text{BaCl}_2$  به محلول حاصل، سبب رسوب کردن جامد سفیدرنگ دیگری می‌شود که تنها حاوی باریم، سلنیم و اکسیژن است و درصد جرمی باریم در آن ۴۹ درصد است. فلز M کدام است؟

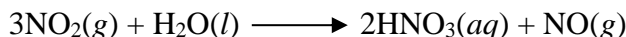
$$(\text{Ag} = 109.7, \text{Cu} = 63.5, \text{Co} = 58.9, \text{Rb} = 85.5, \text{O} = 16, \text{Se} = 79, \text{Ga} = 69.7, \text{In} = 114.8, \text{Ba} = 137.3)$$

- (۱) Ag (۲) Cu (۳) Co (۴) Rb

۳۱- هنگامی که کلسیم نیترات را در دمای °C ۶۰۰ حرارت دهیم، مطابق واکنش‌های زیر تجزیه می‌گردد:



مقدار اضافی از کلسیم نیترات را در کوره‌ای در بسته با حجم ثابت  $V_0$  و دمای °C ۶۰۰ حاوی هوا با فشار ۱/۰۰ bar قرار می‌دهیم تا تجزیه شود (هوا را شامل ۷۹٪ نیتروژن، ۲۰٪ اکسیژن و ۱٪ آرگون در نظر بگیرید). پس از رسیدن به تعادل، فشار کل داخل کوره به ۵/۷۸ bar می‌رسد. مخلوط گازی حاصل را از درون آب سرد عبور می‌دهیم تا گاز  $\text{NO}_2$  به طور کامل مطابق معادله‌ی زیر واکنش دهد:



پس از انجام این واکنش، حجم مخلوط گازی برابر  $V_0$ ، دمای آن °C ۵۰ و فشار آن برابر ۱/۸۶ bar می‌شود (در این دما، واکنش ۲ بسیار کند است).  $K_p$  برای واکنش (۲) در دمای °C ۶۰۰ چقدر است؟

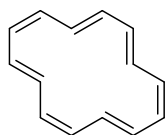
۵/۰ (۴)

۵/۶ (۳)

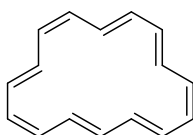
۴/۱ (۲)

۳/۱ (۱)

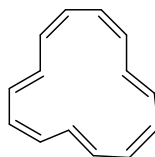
۳۲- چه تعداد از عبارات زیر صحیح هستند؟



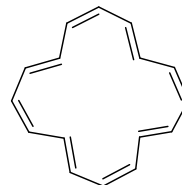
A



B



C



D

• A و B فرم‌های رزونانسی هستند.	• D و B ایزومرهای ساختاری هستند.
• C و D فرم‌های رزونانسی هستند.	• A و C فرم‌های رزونانسی هستند.
• B و D فرم‌های رزونانسی هستند.	• A و C ایزومرهای ساختاری هستند.

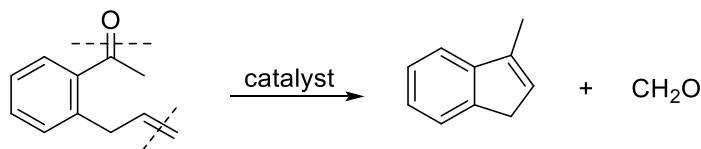
(۴) شش

(۳) چهار

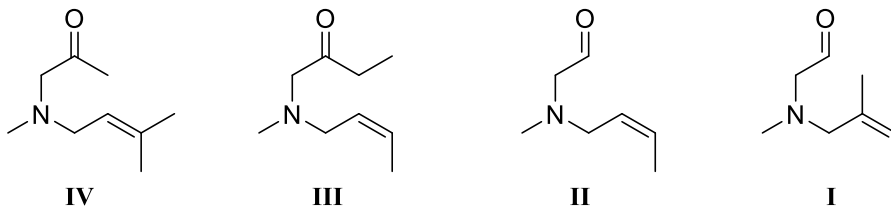
(۲) دو

(۱) صفر

۳۳- به واکنش زیر که نوعی واکنش متاتسیس (Metathesis) است توجه کنید:



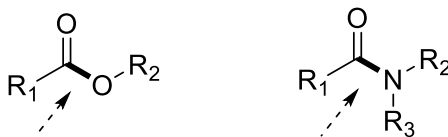
محصول P را می‌توان با واکنشی نظیر واکنش فوق، هم از ماده‌ی اولیه A و هم از ماده‌ی اولیه B که در بین مواد زیر وجود دارند تهیه کرد:



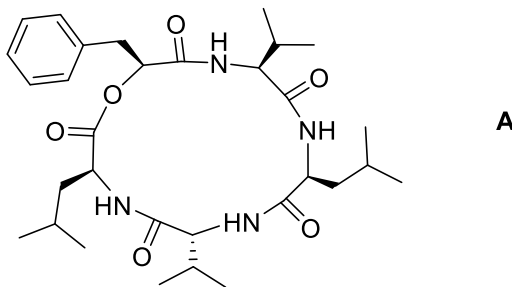
اگر نسبت جرم مولی P به A کمتر از نسبت جرم مولی P به B باشد، ترکیب B کدام است؟  
(C=۱۲، H=۱، N=۱۴، O=۱۶)

I (۱)                      II (۲)                      III (۳)                      IV (۴)

۳۴- در واکنش هیدرولیز استرها و آمیدها، پیوندهای مشخص شده در شکل زیر شکسته می شوند:

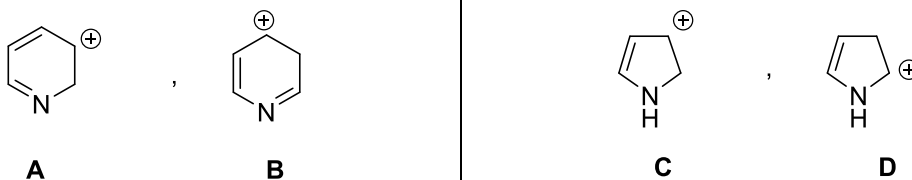


در اثر هیدرولیز کامل ترکیب A چند آمینواسید مختلف تشکیل می شوند؟ (ایزومرهای فضایی را در نظر بگیرید)



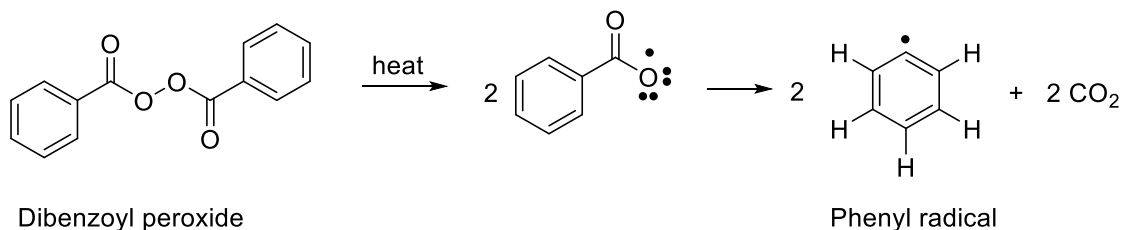
(۱) دو                      (۲) سه                      (۳) چهار                      (۴) پنج

۳۵- بر مبنای مقایسه‌ی فرم‌های رزونانسی، در هر جفت از گونه‌های داده شده کدام یک پایدارتر است؟



(C, B) (۴)                      (C, A) (۳)                      (D, B) (۲)                      (D, A) (۱)

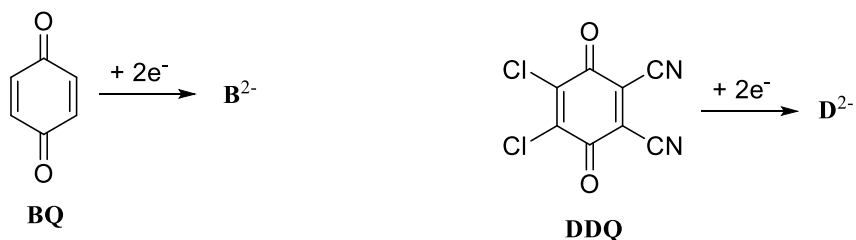
۳۶- رادیکال‌ها حدواسط‌های مهمی در شیمی آلی محسوب می‌شوند که معمولا قابل جداسازی و نگهداری نیستند. با حرارت دادن دی‌بنزوئیل پراکسید، پیوند اکسیژن-اکسیژن جورکافت شده و رادیکال فنیل حاصل می‌شود:



از واکنش رادیکال فنیل با بنزن ( $C_6H_6$ ) از طریق تشکیل یک پیوند کربن-کربن، حدواسط رادیکالی **M** با فرمول بسته  $(C_{12}H_{11})$  به دست می‌آید. از واکنش **M** با خودش احتمال تشکیل چند ایزومر ساختاری قابل جداسازی با فرمول بسته  $(C_{24}H_{22})$  وجود دارد؟ اسکلت کربنی محصول(ها) فقط شامل حلقه‌های شش عضوی است.

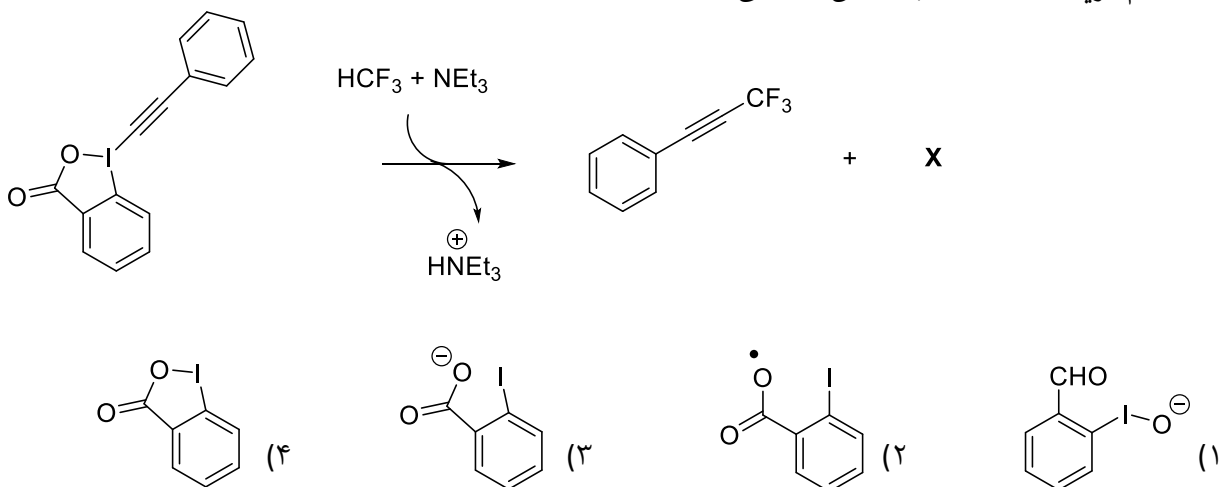
(۱) یک (۲) دو (۳) سه (۴) چهار

۳۷- **DDQ** و **BQ** به عنوان واکنشگرهای اکسنده مورد استفاده قرار می‌گیرند. کدام گزینه صحیح است؟

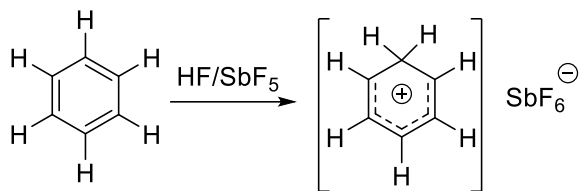


- (۱)  $H_2B$  از  $H_2D$  اسید قوی‌تری است.  
 (۲)  $D^{2-}$  از  $B^{2-}$  کاهنده قوی‌تری است.  
 (۳) قطبیت BQ از DDQ بیشتر است.  
 (۴) DDQ می‌تواند  $B^{2-}$  را به BQ اکسید کند.

۳۸- کدام گزینه ساختار **X** را به درستی نشان می‌دهد؟



۳۹- بنزن در محیط سوپراسیدی (مانند مخلوطی از HF-SbF<sub>6</sub>) پروتون‌دار می‌شود:

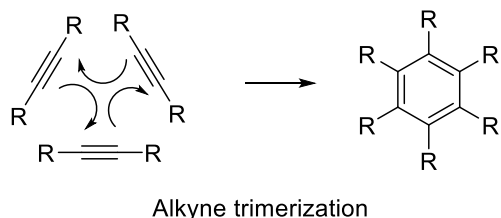


با توجه به واکنش فوق اگر ۱،۲،۳-تری‌متیل‌بنزن در محیط سوپراسیدی قرار گیرد و امکان پروتون‌دار شدن هر یک از شش کربن حلقه‌ی بنزی وجود داشته باشد، چه تعداد از عبارات زیر صحیح است؟

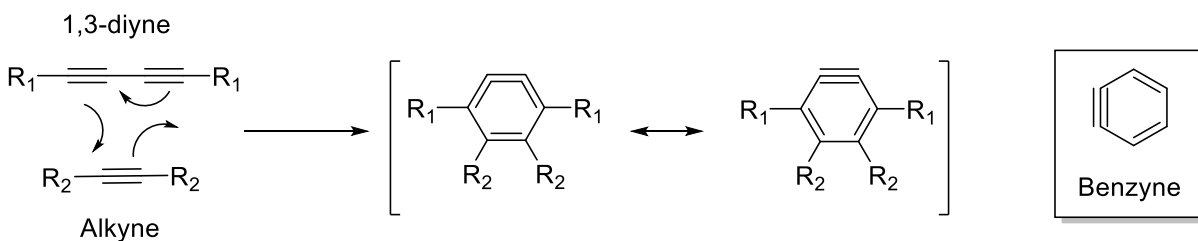
- در تمامی گونه‌های کاتیونی آلی حاصل، کربن متیلنی (CH<sub>2</sub>) وجود دارد.
- بیش از سه گونه‌ی مختلف کاتیونی آلی تشکیل می‌شود.
- فقط در دو گونه از گونه‌های کاتیونی آلی حاصل، دو فرم هم‌ارز رزونانسی وجود دارد.
- در همه‌ی فرم‌های رزونانسی مربوط به هریک از گونه‌های کاتیونی آلی حاصل، حداقل یک کربن  $sp^3$  به کربنی که بار مثبت دارد متصل است.

(۱) یک                                  (۲) دو                                  (۳) سه                                  (۴) چهار

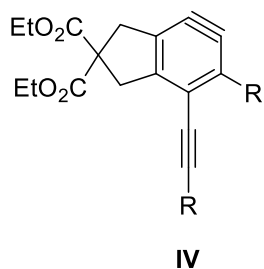
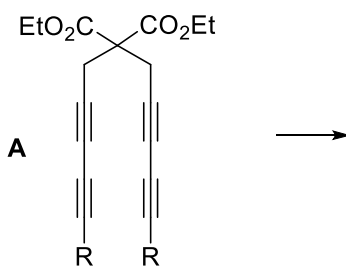
۴۰- از واکنش تری‌مریزاسیون آلکین‌ها برای تهیه مشتقات بنزن استفاده می‌شود:



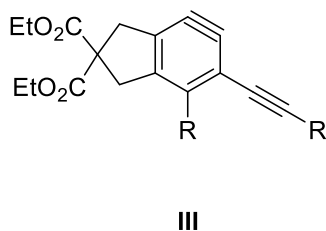
چنانچه واکنشی مشابه واکنش فوق بین ۱،۳-دی‌این‌ها (1,3-diyne) و آلکین‌ها انجام شود، شواهد نشان می‌دهد که واکنش با تشکیل حدواسط ناپایداری از نوع بنزاین همراه است.



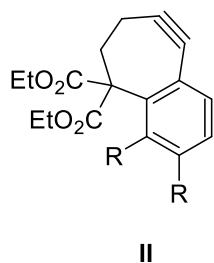
در شرایط واکنش فوق، چه تعداد از حدواسط‌های داده‌شده در زیر، از A تشکیل می‌شوند؟



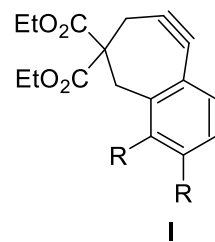
(۴) چهار



(۳) سه



(۲) دو



(۱) یک

لطفا در این کادر چیزی ننویسید.

مطابق توضیحات دفترچه تکمیل شود.

کد دفترچه ① ②



غلط



صحیح

لطفا گزینه را به صورت کامل و فقط با مداد مشکی نرم پر کنید.

۱	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
۲	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
۳	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۴	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۵	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۶	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
۷	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
۸	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۹	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
۱۰	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

۲۱	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
۲۲	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۲۳	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
۲۴	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۲۵	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
۲۶	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
۲۷	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۲۸	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۲۹	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
۳۰	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

۴۱	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۴۲	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۴۳	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۴۴	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۴۵	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۴۶	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۴۷	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۴۸	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۴۹	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۵۰	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

۶۱	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۶۲	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۶۳	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۶۴	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۶۵	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۶۶	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۶۷	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۶۸	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۶۹	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۷۰	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

۱۱	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۱۲	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
۱۳	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۱۴	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۱۵	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۱۶	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
۱۷	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۱۸	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۱۹	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
۲۰	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

۳۱	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
۳۲	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۳۳	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۳۴	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۳۵	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
۳۶	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
۳۷	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
۳۸	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
۳۹	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۴۰	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

۵۱	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۵۲	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۵۳	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۵۴	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۵۵	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۵۶	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۵۷	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۵۸	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۵۹	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۶۰	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

۷۱	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۷۲	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۷۳	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۷۴	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۷۵	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۷۶	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۷۷	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۷۸	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۷۹	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
۸۰	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

محل امضاء

اینجانب ..... فرزند ..... با کد ملی .....

مطابقت اطلاعات مندرج در پاسخ برگ را با مشخصات خود تایید می نمایم.





جمهوری اسلامی ایران  
وزارت آموزش و پرورش



مبارزه علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست و جو و کشف واقعیت هاست. «امام خمینی (ره)»

اینجانب ..... (شرکت کننده) این دفترچه را به صورت کامل (۵ برگه با احتساب جلد) دریافت نمودم امضاء

اینجانب ..... (منشی حوزه) تعداد ..... برگه (با احتساب جلد) دریافت نمودم امضاء

### دفترچه سوالات تشریحی سی و سومین دوره المپیاد شیمی تاریخ: ۱۴۰۲/۰۲/۱۱

تعداد سوالات	ساعت شروع	مدت آزمون (دقیقه)
۶	۰۸:۰۰	۳۰۰ (تشریحی و تستی)



#### تایید کمیته علمی

شماره پرونده: .  
کد ملی: .  
نام پدر: ----  
نام مدرسه: ----  
استان: ----  
منطقه: ----  
پایه تحصیلی: ----



حوزه: ----

شماره سندلی

.....

کد دفترچه

-

#### توضیحات مهم

##### استفاده از هر نوع ماشین حساب مجاز است

- سوال‌های این آزمون در دو دفترچه چهارگزینه‌ای و تشریحی به طور جداگانه و هم زمان در اختیار شما قرار داده می‌شوند.
- قبل از شروع آزمون همه برگه‌های دفترچه‌های سوال و پاسخ برگ را بررسی و در صورت وجود کمبود یا نقصی مسئول جلسه را مطلع نمایید.
- مشخصات خود را با اطلاعات بالای هر صفحه پاسخ برگ تطبیق دهید. در صورتی که حتی یکی از صفحات پاسخ برگ با مشخصات شما همخوانی ندارد، بلافاصله مراقبین را مطلع نمایید.
- پاسخ هر سوال را با خودکار آبی یا مشکی در محل تعیین شده همان سوال بنویسید. چنانچه همه یا قسمتی از جواب سوال را در محل پاسخ سوال دیگری بنویسید، به شما نمره‌ای تعلق نمی‌گیرد.
- با توجه به این‌که برگه‌های پاسخ برگ به نام شما صادر شده است، امکان ارائه هیچ‌گونه برگه اضافه وجود نخواهد داشت. لذا توصیه می‌شود ابتدا سوالات را در برگه چرک‌نویس، حل کرده و آن‌گاه در پاسخ برگ پاک‌نویس نمایید.
- عملیات تصحیح توسط مصححین، پس از قطع سربرگ، به صورت ناشناس انجام خواهد شد. لذا از مخدوش کردن و درج هر گونه نوشته یا علامت مشخصه که نشان‌دهنده صاحب برگه باشد، خودداری نمایید، در غیر این صورت تقلب محسوب شده و در هر مرحله‌ای که باشید از ادامه حضور در المپیاد محروم خواهید شد.
- همراه داشتن هر گونه کتاب، جزوه، یادداشت، جدول تناوبی عناصر و لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه، ساعت هوشمند، دستبند هوشمند و لپ‌تاب ممنوع است همراه داشتن این قبیل وسایل حتی اگر از آن استفاده نکنید یا خاموش باشد تقلب محسوب خواهد شد.
- شرکت کنندگان در دوره تابستانی از بین دانش‌آموزان پایه یازدهم انتخاب می‌شوند.
- نمره هر سوال تشریحی کنار آن نوشته شده است. نمره کل سوال‌های تشریحی ۸۰ نمره است.
- دفترچه‌های سوال باید همراه دفترچه پاسخ برگ تحویل مسئول مربوطه شوند.

سوال ۱-تشریحی (۱۱ نمره)

جواب سوال را حتما داخل کادرهای داده شده در پاسخ نامه بنویسید.

دانش آموزی در آزمایشگاه، پتاسیم اگزالات را به محلول آبی مس (II) سولفات اضافه کرد. پس از چند روز بلورهای آبی رنگی تشکیل شد. برای تعیین فرمول بلور تشکیل شده آزمایش‌های زیر انجام شد:

آزمایش ۱. مقدار ۰/۲۰۵۹ گرم از نمونه‌ی بلور آبی رنگ، وزن شد و به کمک حرارت در ۴۰ mL محلول ۲M سولفوریک اسید حل شد. سپس ۳۰ mL آب به آن اضافه شده و تا نزدیک نقطه‌ی جوش حرارت داده شد. محلول حاصل با محلول  $KMnO_4$  ۰/۰۲۰۵۴ مولار تیترا شد. برای رسیدن به نقطه‌ی پایانی ۲۳/۸۹ میلی لیتر محلول پرمنگنات مصرف شد.

آزمایش ۲. در ادامه، محلول تیترا شده به اندازه‌ی کافی حرارت داده شد و همراه با متصاعد شدن گاز اکسیژن، رنگ محلول از بنفش کم رنگ به آبی تغییر کرد. بعد از سرد شدن و تنظیم pH محلول، ۲ گرم جامد KI به آن افزوده شد. در این لحظه رنگ محلول به قهوه‌ای تغییر کرده و رسوب سفیدی تشکیل شد. محلول قهوه‌ای رنگ حاصل با افزودن ۱۲/۷۱ میلی لیتر محلول ۰/۰۴۸۲۶ مولار  $Na_2S_2O_3$  و در حضور شناساگر نشاسته تیترا شد.  
( $K = ۳۹/۱$ ،  $C = ۱۲/۰$ ،  $O = ۱۶/۰$ ،  $H = ۱/۰$ ،  $Cu = ۶۳/۵$ )

۱-۱- معادله‌ی موازنه شده را برای مراحل زیر بنویسید:

الف- واکنش تیتراسیون در آزمایش ۱ (۱ نمره)

ب- واکنش مرحله‌ی تغییر رنگ از بنفش کم رنگ به آبی و آزاد شدن گاز در آزمایش ۲ (۲ نمره)

ج- واکنش مرحله‌ی افزودن KI در آزمایش ۲ (۱ نمره)

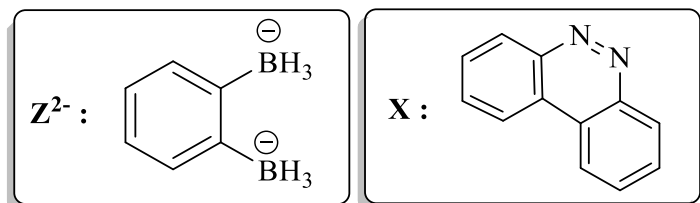
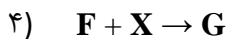
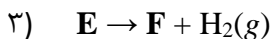
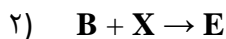
د- واکنش مربوط به تیتراسیون با  $Na_2S_2O_3$  در آزمایش ۲ (۱ نمره)

۱-۲- فرمول شیمیایی بلور آبی رنگ سنتز شده را به دست آورید. (۶ نمره)

سوال ۲-تشریحی (۱۲ نمره)

جواب سوال را حتما داخل کادرهای داده شده در پاسخ نامه بنویسید.

ترکیب یونی **A** دارای آنیون  $Z^{2-}$  است. با شروع از ترکیب **A**، می‌توان طی چهار مرحله ترکیب **G** را به دست آورد. در مرحله‌ی اول، **A** با  $(CH_3)_3SiCl$  واکنش می‌دهد و محصولات **B**، **C** و **D** را تولید می‌کند. در مرحله‌ی بعدی حدواسط **B** با ترکیب آلی **X** واکنش می‌دهد و **E** را تولید می‌کند. سپس **E** یک مولکول هیدروژن آزاد کرده و به ترکیب پایدارتر **F** تبدیل می‌شود. در مرحله‌ی آخر **F** دوباره با **X** واکنش داده و ترکیب **G** را به عنوان محصول نهایی واکنش به دست می‌دهد



به نکات زیر توجه کنید:

- ترکیب **C** حاوی ۳۷/۸۵٪ سیلیسیم است.
  - ترکیب **D** یک نمک معدنی است که رنگ شعله را قرمز می‌کند.
  - در هریک از مراحل دوم و چهارم، دو پیوند جدید بر اثر برهم‌کنش‌های اسید-باز لوییس تشکیل می‌شوند.
- (H = ۱/۰۱ ، B = ۱۰/۸۱ ، C = ۱۲/۰۱ ، Cl = ۳۵/۴۵ ، Si = ۲۸/۰۹)

با توجه به اطلاعات داده شده به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف- فرمول ترکیب **A** را بنویسید. (۱ نمره)

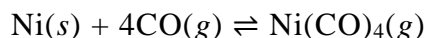
ب- فرمول شیمیایی ترکیب **D** را بنویسید و ساختار ترکیبات **B**، **C**، **E**، **F**، **G** را رسم کنید. (۹ نمره)

ج- بررسی‌های بیشتر ترکیب **G** نشان می‌دهد که این ترکیب دارای ۲ الکترون جفت‌نشده است. دو ساختار برای **G** رسم کنید که در آن‌ها الکترون‌های جفت‌نشده روی اتم‌های نیتروژن غیرمجاور قرار داشته باشند. (۲ نمره)

سوال ۳-تشریحی (۱۵ نمره)

جواب سوال را حتما داخل کادرهای داده شده در پاسخ نامه بنویسید.

برای خالص کردن نهایی نیکل از درجه خلوص ۹۹/۹۰٪ به ۹۹/۹۹٪ از فرآیند موند استفاده می شود که واکنش آن به صورت زیر است:



اطلاعات مربوط به آنتالپی استاندارد تشکیل و آنترپی مولی استاندارد در دمای ۲۹۸ کلوین در جدول زیر آمده است. برای همه‌ی بخش‌های این سوال، فرض کنید که مقادیر  $\Delta H^\circ$  و  $\Delta S^\circ$  واکنش بالا مستقل از دما هستند. به واحدهای اعداد در جدول توجه کنید. ( $\text{Ni} = 58.7$ ،  $R = 8.3145 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ )

	Ni(s)	CO(g)	Ni(CO) <sub>4</sub>
$\Delta_f H^\circ$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	۰/۰	-۱۱۰/۵	-۶۰۷/۰
$S_m^\circ$ (J K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup> )	۳۰	۱۹۸	۴۱۷

الف- برای واکنش بالا در دمای ۲۹۸ کلوین،  $\Delta G^\circ$  و ثابت تعادل ترمودینامیکی ( $K = K_p$ ) را محاسبه کنید. (۲ نمره)

ب- اگر فشار کل گازهای در حال تعادل ۶/۰ bar باشد، در چه دمایی تعداد مول CO(g) و Ni(CO)<sub>4</sub>(g) در حال تعادل با هم برابر می شود؟ (۲ نمره)

ج- مقدار ثابت تعادل ترمودینامیکی را در دماهای ۳۳۰ و ۵۵۰ کلوین محاسبه کنید. (۱ نمره)

د- فرض کنید در مرحله اول فرآیند موند، نیکل در دمای ۳۳۰ کلوین در مجاورت گاز CO با فشار نسبتا بالا قرار می گیرد و با افزودن گاز CO فشار کل در ۱۲/۰ bar ثابت نگه داشته شده و تعادل شیمیایی در این فشار و دمای ثابت برقرار می شود. کسر مولی Ni(CO)<sub>4</sub> در فاز گاز در این شرایط چقدر است؟ (اگر ثابت تعادل را در بخش ج به دست نیاورده اید، از عدد  $1 \times 10^{-4}$  استفاده کنید). (۳ نمره)

ه- اگر در مرحله دوم فرآیند موند، گاز در حال تعادل در مرحله اول را جدا کرده و آن را به دمای ۵۵۰ کلوین برسانیم، و ظرف واکنش به اندازه‌ای بزرگ باشد که در نهایت فشار کل به ۱/۶۰ bar برسد، کسر مولی Ni(CO)<sub>4</sub> در فاز گاز در این شرایط چقدر خواهد بود؟ (اگر ثابت تعادل را در بخش ج به دست نیاورده اید، از عدد  $1 \times 10^{-4}$  استفاده کنید). (۳ نمره)

و- اگر در ابتدای مرحله اول ۶۰ کیلوگرم نیکل در یک ظرف به حجم ۲/۰ متر مکعب داشته باشیم، با توجه به شرایط فوق حجم ظرف مرحله دوم چند متر مکعب بوده است؟ (۲ نمره)

ز- اگر در ابتدای مرحله اول ۶۰ کیلوگرم نیکل در یک ظرف به حجم ۲/۰ متر مکعب داشته باشیم، در مرحله دوم چند کیلوگرم نیکل خالص تشکیل شده است؟ (۲ نمره)

سوال ۴-تشریحی (۱۶ نمره)

جواب سوال را حتما داخل کادرهای داده شده در پاسخ نامه بنویسید.

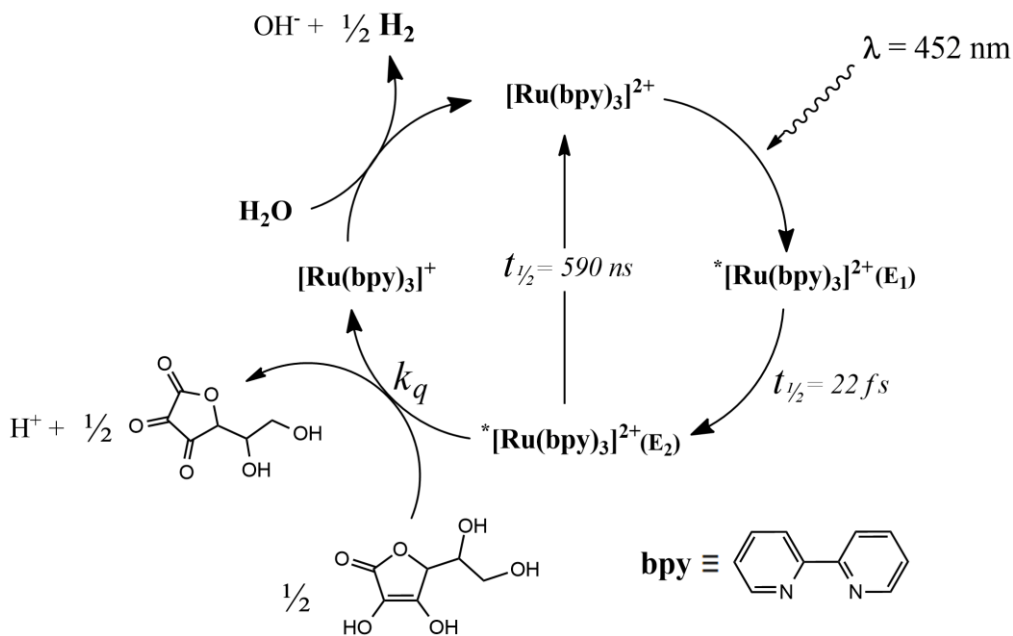
هیدروژن جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی است زیرا فراوانی بالایی در پوسته‌ی زمین دارد و در اثر سوختن، تنها بخار آب تولید می‌کند. آنتالپی سوختن برای گاز هیدروژن و اکتان (که جزء اصلی بنزین است) در جدول زیر آمده است.

سوخت	$\Delta H^\circ_{\text{سوختن}} \text{ (kJ mol}^{-1}\text{)}$
H <sub>2</sub>	-۲۴۹
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	-۵۴۷۰

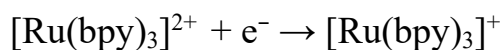
فرض کنید برای تولید هیدروژن از الکترولیز آب با ولتاژ ۲/۰ ولت و جریان ۱/۰ آمپر استفاده شود و برای تولید هر کیلووات ساعت (kWh) برق از سوخت‌های فسیلی حدود ۶۰۰ گرم CO<sub>2</sub> وارد اتمسفر شود. (توان مصرفی یک مدار الکتریکی برابر با حاصل ضرب شدت جریان و ولتاژ است.)

الف- بر اساس جدول بالا، به ازای تولید ۵۴۷۰ کیلوژول انرژی از سوختن اکتان، ۸ مول CO<sub>2</sub> وارد اتمسفر می‌شود. اگر بخواهیم همین مقدار انرژی را از سوختن هیدروژن به دست آوریم، برای تولید هیدروژن مورد نیاز چند مول CO<sub>2</sub> وارد اتمسفر می‌شود؟ (۴ نمره)

برای اینکه هیدروژن جایگزین معقولی برای سوخت‌های فسیلی باشد، تولید آن باید با استفاده از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر انجام گردد. یکی از روش‌های پیش‌نهاد شده برای تولید هیدروژن، استفاده از نور خورشید است. از کمپلکس قرمز-نارنجی [Ru(bpy)<sub>3</sub>]<sup>2+</sup> که در آن bpy لیگاند دودندانه‌ی بی‌پیریدین است، می‌توان در یک چرخه‌ی فوتوکاتالیزی (مطابق شکل زیر) برای تولید هیدروژن از آب استفاده کرد.



$[Ru(bpy)_3]^{2+}$  می‌تواند با جذب یک فوتون با طول‌موج ۴۵۲ nm به حالت  $E_1$  برانگیخته شود. این حالت برانگیخته، مقداری از انرژی خود را به صورت غیرتابشی از دست داده و با نیم‌عمر ۲۲ fs به حالت برانگیخته‌ی  $E_2$  می‌رود ( $1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$ ). حالت برانگیخته‌ی  $E_2$  دارای نیم‌عمر طولانی‌تری است (۵۹۰ ns) و می‌توان آن را توسط عوامل کاهنده به کمپلکس  $[Ru(bpy)_3]^+$  کاهش داد ( $1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$ ). در چرخه‌ی بالا از آسکوربیک اسید به عنوان کاهنده استفاده شده است و قانون سرعت این واکنش به صورت  $R = k_q[E_2][C_6H_8O_6]$  است. کمپلکس  $[Ru(bpy)_3]^+$  با کاهش آب به هیدروژن، به  $[Ru(bpy)_3]^{2+}$  در حالت پایه بازمی‌گردد و دوباره وارد چرخه‌ی کاتالیزی می‌شود. پتانسیل‌های کاهش‌ی استاندارد برای  $[Ru(bpy)_3]^{2+}$  در حالت پایه و  $E_2$  در جدول زیر آمده است.



حالت الکترونی کمپلکس Ru(II)	$E^0(V)$ نسبت به الکتروود مرجع
حالت پایه	-۱/۳۳
حالت برانگیخته‌ی $E_2$	+۰/۷۷

ب- اگر حالت برانگیخته‌ی  $E_1$  انرژی خود را با نشر یک فوتون از دست داده و به حالت  $E_2$  برود، طول‌موج این فوتون چند نانومتر خواهد بود؟ (۳ نمره)

$$R = ۸/۳۱۴۵ \text{ J/mol.K} \quad , \quad h = ۶/۶۲۶ \times ۱۰^{-۳۴} \text{ J.s} \quad , \quad E^0_{\text{مرجع}} = ۰/۲۴۴ \text{ V}$$

ثابت سرعت کاهش حالت  $E_2$  توسط آسکوربیک اسید ( $k_q$ ) برابر  $۷/۲ \times ۱۰^۷ \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$  است. محلولی حاوی  $۲/۰ \text{ mM}$  از  $[Ru(bpy)_3]Cl_2$  و  $۱۰۰ \text{ mM}$  آسکوربیک اسید است. ۵۰ میلی‌لیتر از این محلول در دمای ۳۰۰ کلوین و فشار ۱/۰ اتمسفر در معرض تابش نور تک‌فام با طول‌موج ۴۵۲ nm و توان ۱۰/۰ W قرار می‌گیرد. پس از چند ثانیه، غلظت گونه‌های مختلف Ru به حالت پایا می‌رسد. در این حالت سرعت تولید گاز هیدروژن ثابت بوده و برابر ۲۴۶ میکرولیتر در ثانیه است.

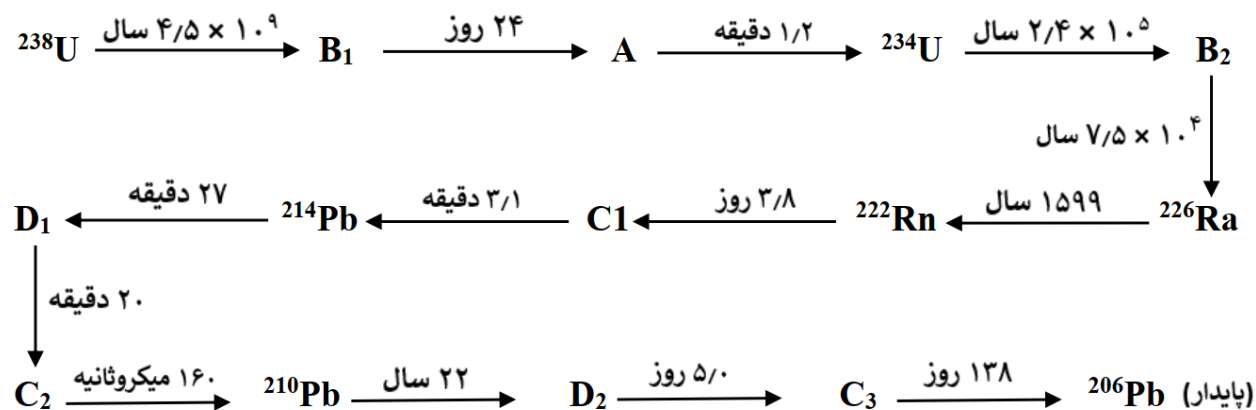
ج- در حالت پایه، چند درصد از کمپلکس  $[Ru(bpy)_3]^{2+}$  در حالت  $E_2$  قرار دارد؟ (۴ نمره)

د- چند درصد از فوتون‌های تابیده‌شده در این شرایط، توسط محلول جذب می‌شوند؟ (۵ نمره)

سوال ۵-تشریحی (۱۳ نمره)

جواب سوال را حتما داخل کادرهای داده شده در پاسخ نامه بنویسید.

عناصر پولونیم ( $^{84}\text{Po}$ ) و رادیم ( $^{88}\text{Ra}$ ) در اواخر قرن نوزدهم توسط زوج علمی ماری و پی‌یر کوری در کانی اورانیت کشف شدند. چند سال بعد، ماری کوری توانست با شروع از ۷ تن کانی ناخالص اورانیت، ۱/۰ گرم رادیم فلزی به دست آورد. کانی اورانیت، اکسیدی از اورانیوم است که به طور عمده شامل  $\text{UO}_2$  می‌باشد. پولونیوم و رادیم موجود در این کانی، با شروع از  $^{238}\text{U}$  و بر اثر زنجیره‌ای از واکنش‌های هسته‌ای که با آزاد شدن ذرات  $\alpha$  و  $\beta^-$  همراه‌اند به وجود می‌آیند. این زنجیره که به «توالی واپاشی اورانیوم» معروف است در زیر نشان داده شده است. در این زنجیره، زیروندهای متفاوت نشان‌دهنده‌ی ایزوتوپ‌های متفاوت از یک عنصر هستند و ترتیب عدد اتمی عناصر مجهول به صورت  $A > B > C > D$  است. اعداد روی فلش‌ها بیانگر نیم عمر هر واکنش است.



فراوانی نوکلیدهای تولیدشده در این توالی به حالت پایا می‌رسد؛ یعنی سرعت تولید و مصرف آن‌ها با تقریب خوبی با هم برابر می‌شود. بنابراین در بازه‌های زمانی کوتاه (کمتر از ۲۰۰ سال) می‌توان درصد این عناصر در کانی‌های اورانیت و نمونه‌های اورانیوم را ثابت در نظر گرفت. فرض کنید که فقط واکنش‌های هسته‌ای موجود در توالی بالا انجام می‌شوند.

الف- نوکلیدهای مجهول را شناسایی کرده و به همراه نماد شیمیایی، عدد اتمی و عدد جرمی بنویسید. (۴ نمره)  
 نام و نماد شیمیایی عناصر با  $79 \leq Z \leq 94$  در زیر آمده است:

$^{79}\text{Au}$ طلا	$^{80}\text{Hg}$ جیوه	$^{81}\text{Tl}$ تالیم	$^{82}\text{Pb}$ سرب	$^{83}\text{Bi}$ بیس‌موت	$^{84}\text{Po}$ پولونیم	$^{85}\text{At}$ استاتین	$^{86}\text{Rn}$ رادون
$^{87}\text{Fr}$ فرانسیم	$^{88}\text{Ra}$ رادیم	$^{89}\text{Ac}$ اکتینیم	$^{90}\text{Th}$ توریم	$^{91}\text{Pa}$ پروتاکتینیم	$^{92}\text{U}$ اورانیم	$^{93}\text{Np}$ نپتونیم	$^{94}\text{Pu}$ پلوتونیم

## سوال‌های تشریحی مرحله دوم سی و سومین دوره المپیاد شیمی

ب- پس از برقراری حالت پایا، کدام نوکلید کمترین فراوانی را خواهد داشت؟ (۱ نمره)

اورانیوم در طبیعت به صورت سه ایزوتوپ اصلی وجود دارد. درصد فراوانی، جرم اتمی و نیم‌عمر این ایزوتوپ‌ها و همچنین  $^{226}\text{Ra}$  در زیر آمده‌است:

ایزوتوپ	جرم اتمی (amu)	درصد فراوانی	نیم‌عمر (سال)
$^{238}\text{U}$	۲۳۸٫۰۵۰۸	۹۹٫۲۷	$۴٫۵۰ \times ۱۰^۹$
$^{235}\text{U}$	۲۳۵٫۰۴۳۹	۰٫۷۳	$۷٫۰۴ \times ۱۰^۸$
$^{234}\text{U}$	۲۳۴٫۰۴۱۰	ناچیز	$۲٫۴۲ \times ۱۰^۵$
$^{226}\text{Ra}$	۲۲۶٫۰۲۵۴	۱۰۰	۱۵۹۹

برای اندازه‌گیری فعالیت رادیواکتیو مواد مختلف، از واحد کوری (Ci) استفاده می‌شود.  $۱/۱۰۰$  Ci به صورت تعداد واپاشی‌های انجام‌شده طی یک ثانیه در یک نمونه‌ی  $۱/۱۰۰$  گرمی از  $^{226}\text{Ra}$  خالص تعریف می‌گردد.

ج- یک نمونه‌ی  $۵۰/۱۰$  میلی‌گرمی از  $^{238}\text{U}$  خالص، پس از گذشت چندین سال بدون آنکه جرم آن به طور قابل توجهی تغییر کند به حالت پایا می‌رسد. فعالیت رادیواکتیو این نمونه (با در نظر گرفتن همه‌ی واپاشی‌های  $\alpha$  و  $\beta$ ) در حالت پایا چند میکروکوری ( $\mu\text{Ci}$ ) خواهد بود؟ (۳ نمره)

د- فراوانی  $^{234}\text{U}$  در یک نمونه‌ی طبیعی از  $\text{UO}_2$  چند ppm است؟ ( $O = ۱۶$ ) (۲ نمره)

ه- در یک نمونه‌ی طبیعی از کانی اورانیت، به ازای هر اتم  $^{226}\text{Ra}$ ، چند اتم اورانیوم وجود دارد؟ (۱ نمره)

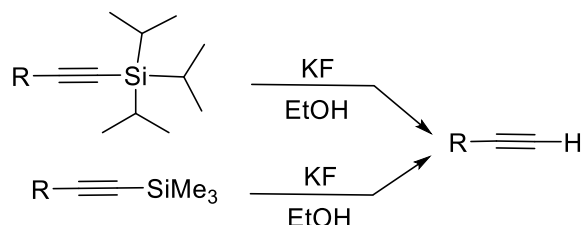
و- درصد خلوص نمونه‌ی اورانیت ۷ تنی مورد استفاده توسط ماری کوری چقدر بوده است؟ (۲ نمره)



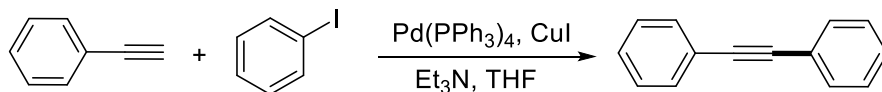
سوال ۶-تشریحی (۱۳ نمره)

جواب سوال را حتما داخل کادرهای داده شده در پاسخ نامه بنویسید.

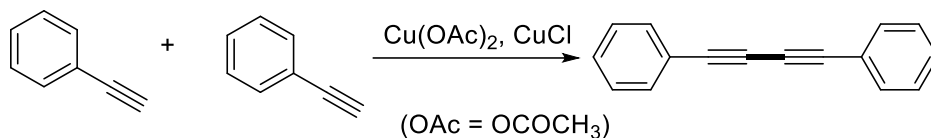
تشکیل پیوند های کربن-کربن به کمک کاتالیزورهای فلزی در سال های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این واکنش ها در سنتز مولکول‌هایی با ساختارهای پیچیده و فراورده‌های طبیعی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ترکیبات آلی سیلسیم‌دار با ساختارهای ویژه را می‌توان در حضور یون فلورید در شرایط مناسب به آلکین‌های انتهایی تبدیل کرد:



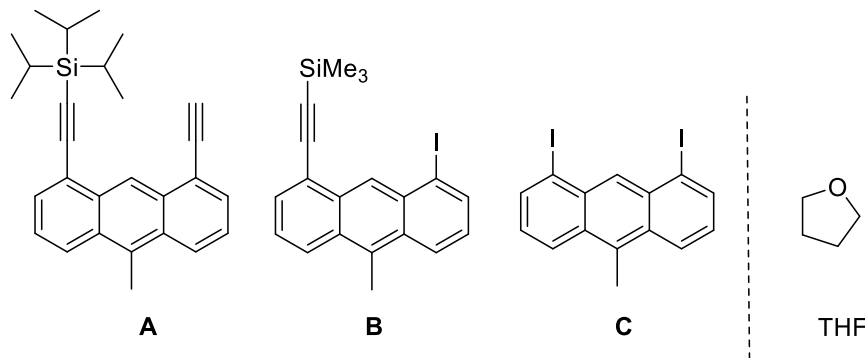
آلکین‌های انتهایی را می‌توان به کمک کاتالیزورهای فلزی در واکنش‌های تشکیل پیوند کربن-کربن به کار گرفت. یکی از این واکنش‌ها که بین آلکین‌های انتهایی و آریل یدیدها انجام می‌شود به واکنش سونوگاشیرا معروف است:

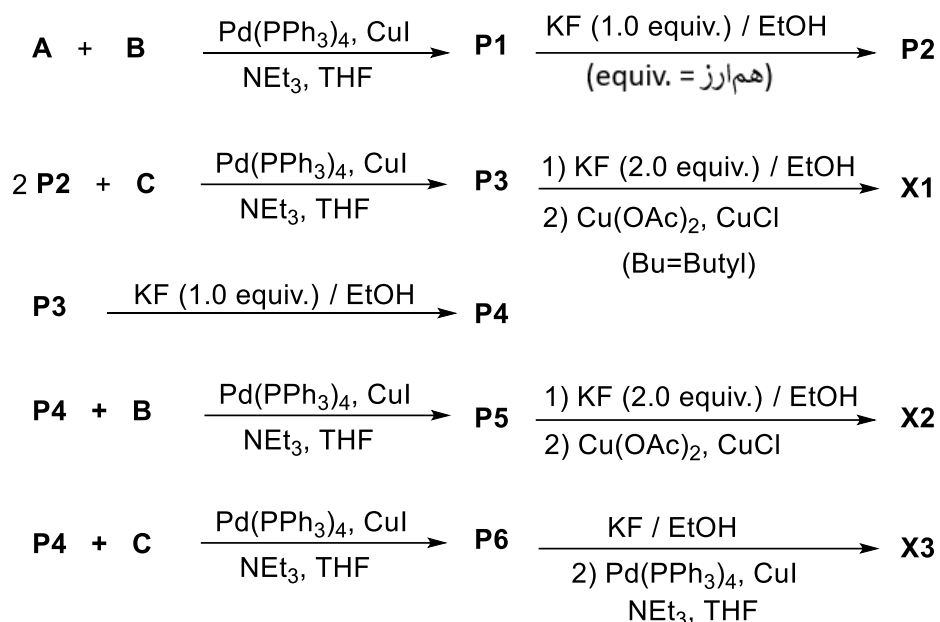


در واکنش دیگری که اولین بار توسط گلیر گزارش شد، بین آلکین‌های انتهایی به کمک کاتالیزورهای فلزی پیوند جدید کربن-کربن تشکیل می‌شود:



در سال ۲۰۱۲ محققین موفق شدند به کمک واکنش‌هایی نظیر واکنش‌های بالا و با استفاده از مواد اولیه **A**، **B** و **C** مولکول‌هایی با ساختارهای پیچیده مانند **X1**، **X2** و **X3** را سنتز کنند. مراحل سنتز این ترکیبات در زیر نشان داده شده است:





با توجه به اطلاعات داده شده به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف- ساختارهای **P1-P6** را رسم کنید. **P2** در ساختار خود گروه ایزوپروپیل دارد. **X1**، **X2** و **X3** از طریق واکنش‌های درون مولکولی به دست می‌آیند. ساختارها را به طور کامل رسم کنید و از استفاده از علامت‌های اختصاری غیر متعارف در نمایش ساختارها خودداری کنید. (میتوانید از Me برای نمایش گروه متیل و *i*-Pr برای نمایش گروه ایزوپروپیل استفاده کنید) (۹ نمره)

ب- با توجه با ساختارهای **X1**، **X2** و **X3** به سوالات زیر پاسخ دهید.

ب-۱- تعداد گروه‌های متیل در **X1** (۱ نمره)

ب-۲- تعداد پیوندهای سه گانه کربن-کربن در **X2** (۱/۵ نمره)

ب-۳- فرمول شیمیایی **X3** (۱/۵ نمره)