



دفترچه سوال رسمی آزمون  
واحد سنجش و ارزیابی باشگاه دانش‌پژوهان جوان

باسمه تعالی  
جمهوری اسلامی ایران  
وزارت آموزش و پرورش  
باشگاه دانش‌پژوهان جوان

## کد دفترچه : ۲

علم برای یک ملت مهم‌ترین ابزار آبرو، پیشرفت و اقتدار است. «امام خمینی (ره)»

### دفترچه سؤالات مرحله دوم سال تحصیلی ۱۴۰۴-۱۴۰۵

# سی و ششمین دوره المپیاد شیمی

نوع آزمون: چندگزینه‌ای	مدت پاسخگویی: ۱۸۰ دقیقه
تعداد سؤالات: ۴۰	

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

#### توضیحات مهم

- مشخصات خود را با اطلاعات بالای هر صفحه تطبیق دهید در صورتی که حتی یکی از صفحات پاسخ‌برگ با مشخصات شما همخوانی ندارد بلافاصله مراقبین را مطلع نمایید.
- پاسخ هر سوال را در محل تعیین شده خود بنویسید. چنانچه همه یا قسمتی از جواب سوال را در محل پاسخ سوال دیگری بنویسید به شما نمره‌ای تعلق نمی‌گیرد.
- با توجه به آنکه برگه‌های پاسخ‌برگ به نام شما صادر شده است امکان ارائه هیچگونه برگه اضافه وجود نخواهد داشت. لذا توصیه می‌شود ابتدا سوال‌ها را در برگه چرک‌نویس، حل کرده و آنگاه در پاسخ‌برگ پاک‌نویس نمایید.
- عملیات تصحیح توسط مصححین پس از برش سربرگ به صورت ناشناس انجام خواهد شد. لذا از درج هرگونه نوشته یا علامت مشخصه که نشان دهنده 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.
- از مخدوش کردن بارکدها و مربع‌ها در چهارگوشه صفحه در دفترچه پاسخ‌برگ جداً خودداری کنید. در غیر این صورت برگه شما تصحیح نخواهد شد.
- همراه داشتن هر گونه کتاب، جزوه، یادداشت و لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه، ساعت هوشمند، دستبند هوشمند و لپ‌تاپ ممنوع است. همراه داشتن این قبیل وسایل حتی اگر از آن استفاده نکنید یا خاموش باشد تقلب محسوب خواهد شد.
- این دفترچه شامل ۴۰ سوال تستی و با احتساب جلد شامل ۸ برگ است.

کلیه حقوق این سؤالات برای باشگاه دانش‌پژوهان جوان محفوظ است.  
آدرس سایت اینترنتی: [ysc.medu.gov.ir](http://ysc.medu.gov.ir)

این صفحه جهت استفاده به عنوان چرک نویسی در نظر گرفته شده است.



## سوال‌های چهارگزینه‌ی مرحله دوم سی و ششمین دوره المپیاد شیمی

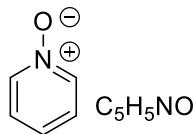
۱- در کدام گزینه طول پیوند نیتروژن با نیتروژن کمتر است؟

- (۱)  $\text{NaN}_3$       (۲)  $\text{SrN}_2$       (۳)  $\text{NaC}_2\text{H}_2\text{N}_3$  (آنیون حلقوی)      (۴)  $\text{LiN}_5$  (آنیون حلقوی)

۲- آنالیز پرتونگاری اشعه X از بلور فلز رنیوم نشان می‌دهد که شعاع فلزی آن ۱۳۴ پیکومتر است. به عنوان یکی از چگال‌ترین عناصر جدول تناوبی، چگالی این فلز ۲۱/۰۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. شبکه کریستالی این فلز در شرایط عادی کدام گزینه است؟ جرم مولی میانگین رنیوم ۱۸۶/۲ گرم بر مول می‌باشد. (عدد آووگادرو =  $6.02 \times 10^{23}$ )

- (۱) شبکه‌ی مکعبی ساده (SC)      (۲) شبکه‌ی مکعبی مرکزپر (BCC)  
(۳) شبکه‌ی مکعبی وجه‌پر (FCC)      (۴) شبکه‌ی مکعبی الماس

۳- گزینه‌های زیر طول پیوند نیتروژن با اکسیژن در ترکیبات  $\text{NOF}_3(\text{g})$ ،  $\text{K}_3\text{NO}_4(\text{s})$ ،  $\text{NOF}(\text{g})$  و  $\text{C}_5\text{H}_5\text{NO}(\text{s})$  را بدون در نظر گرفتن ترتیب آن‌ها برحسب پیکومتر نشان می‌دهند. کدام گزینه طول پیوند نیتروژن با اکسیژن در  $\text{NOF}_3$  می‌باشد؟



- (۱) ۱۱۳      (۲) ۱۳۹      (۳) ۱۳۴      (۴) ۱۱۶

۴- از واکنش  $\text{SCl}_2$  (مایع) با  $\text{NaF}$  دو ترکیب گوگرددار **A** (مایع) و **B** (گاز) به دست می‌آیند. در این واکنش  $\text{NaCl}$  هم تولید می‌شود. درصد جرمی گوگرد موجود در این دو ترکیب به ترتیب ۴۷/۴٪ و ۲۹/۶٪ می‌باشد. گاز **B** با گاز  $\text{ClF}$  به نسبت ۱:۱ واکنش داده و فقط محصول **D** را تولید می‌کند. از واکنش **D** با گاز هیدروژن در حضور نور، ترکیب **E** تشکیل می‌شود که بخار آن در شرایط STP چگالی ۱۱/۳۳ گرم بر لیتر دارد. حرارت دادن ترکیب **E** تا ۱۵۰ درجه سلسیوس منجر به تجزیه شدن آن به دو گاز **B** و **J** می‌شود. **J** یک گاز نسبتاً بی‌اثر و بسیار پایدار است. جرم مولی  $\text{Na}$ ،  $\text{S}$ ،  $\text{Cl}$  و  $\text{F}$  را به ترتیب ۲۳، ۳۲، ۳۵/۵ و ۱۹ گرم بر مول در نظر بگیرید.

با توجه به اطلاعات داده شده، کدام گزینه نادرست است؟

- (۱) عدد اکسایش گوگرد فقط در یکی از ترکیب‌های بالا فرد می‌باشد.  
(۲) از واکنش ۵/۱۵ گرم  $\text{SCl}_2$  با مقدار اضافی سدیم فلوئورید، ۱/۱۲ لیتر گاز در شرایط STP تولید می‌شود.  
(۳) گاز **E** نهایتاً حاصل از هیدرولیز **B** محلول اسیدی ید را بی‌رنگ می‌کند.  
(۴) فشار بخار  $\text{SCl}_2$  در دمای اتاق از **A** بیشتر است.

۵- کدام ترکیب بلندترین طول پیوند گوگرد با گوگرد را دارد؟ برخی از گزینه‌ها ممکن است اصلاً دارای چنین پیوندی در ساختار خود نباشند.

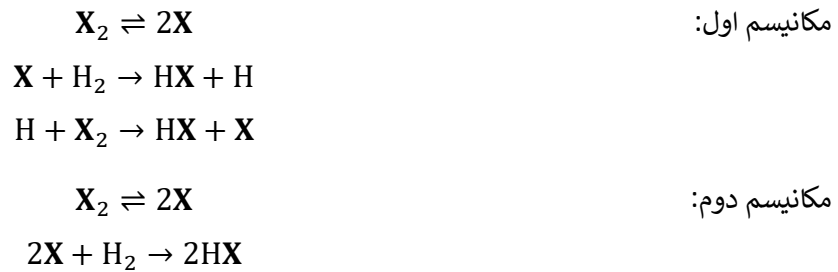
- (۱) **B**      (۲)  $\text{S}_8$       (۳)  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$       (۴) **E**

۶- در کدام گزینه کوچک‌ترین زاویه پیوند مشاهده می‌شود؟

- (۱)  $\text{POCl}_3$       (۲)  $\text{P}_4$       (۳)  $\text{P}_4\text{O}_6$       (۴)  $\text{P}_4\text{O}_{10}$

## سوال‌های چهارگزینه‌ی مرحله دوم سی و ششمین دوره المپیاد شیمی

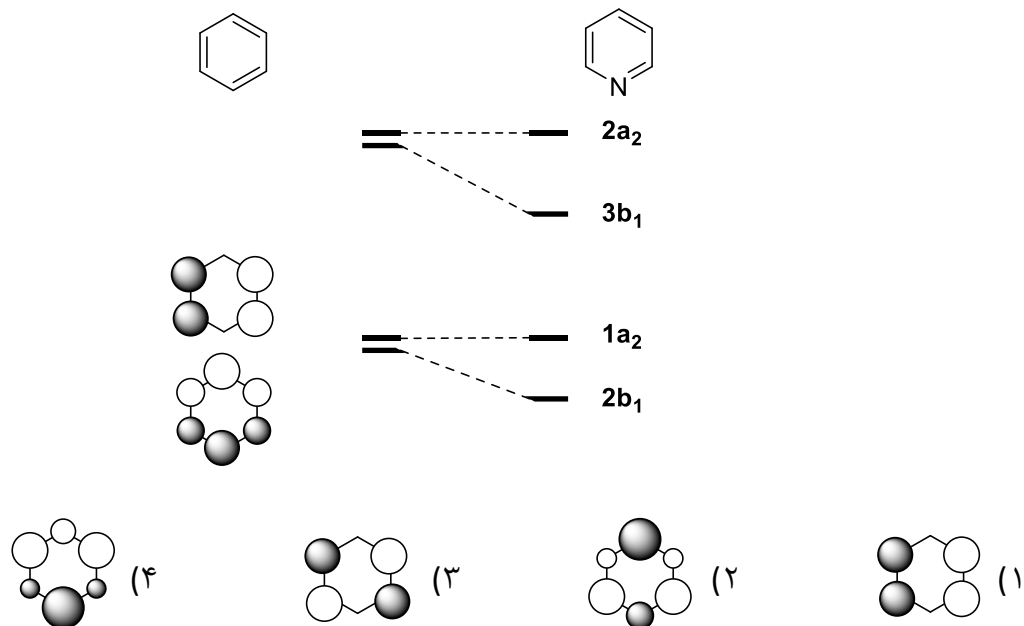
۷- برای واکنش هالوژن‌ها با گاز هیدروژن دو مکانیسم زیر پیشنهاد شده‌است. این واکنش برای دو هالوژن از سه هالوژن برم، کلر و ید مکانیسم یکسانی دارد، ولی برای یکی از هالوژن‌ها از مکانیسم دیگر پیش می‌رود.



در این مکانیسم‌ها  $X$  نماینده‌ی اتم هالوژن است. کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) ترتیب سرعت انجام واکنش با گاز هیدروژن به صورت  $I_2 > Br_2 > Cl_2$  می‌باشد.
- (۲) واکنش ید با گاز هیدروژن از طریق مکانیسم اول پیش می‌رود.
- (۳) سینتیک واکنش  $Cl_2$  با  $H_2$  نسبت به هردو واکنش‌دهنده از مرتبه‌ی اول است.
- (۴) گزینه‌های ۲ و ۳ صحیح هستند.

۸- بخشی از دیاگرام اربیتال مولکولی سیستم پای بنزن و پیریدین در زیر داده شده‌است. خطوطی که اربیتال‌ها را به هم وصل می‌کنند، تغییر انرژی اربیتال‌های مولکولی را در اثر جایگزینی یک گروه  $CH$  با نیتروژن نشان می‌دهند. کدام گزینه، نمایش اربیتال مولکولی با نماد  $3b_1$  است؟



## سوال‌های چهارگزینه‌ی مرحله دوم سی و ششمین دوره المپیاد شیمی

۹- کدام گزینه مولکول‌ها را بر اساس افزایش نقطه جوش درست نشان می‌دهد؟

- (۱)  $SO_2 > CH_3NH_2 > CH_3OH > Cl_2$       (۲)  $CH_3OH > CH_3NH_2 > Cl_2 > SO_2$   
 (۳)  $CH_3OH > CH_3NH_2 > SO_2 > Cl_2$       (۴)  $CH_3NH_2 > CH_3OH > SO_2 > Cl_2$

۱۰- انرژی فعال‌سازی واکنش I، به اندازه ۱۰ کیلوژول بر مول بیشتر از واکنش II است. در دمای ۳۰۰ کلوین، نسبت  $k_{II}/k_I$  برابر با ۱۱ می‌باشد. اگر هر دو واکنش مرتبه اول باشند، نسبت نیم عمر واکنش I به واکنش II در دمای ۴۰۰ کلوین چقدر است؟ ( $R = ۸/۳۱۴ \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ )

- (۱) ۰/۷      (۲) ۴/۰      (۳) ۵/۰      (۴) ۰/۱

۱۱- واکنش فاز گازی ایده‌آل  $aA + bB \rightarrow cC + dD$  را در نظر بگیرید که در یک ظرف در بسته به تعادل رسیده است. برای این واکنش،  $\Delta H < 0$  و  $a + b > c + d$  می‌باشد. چه تعداد از گزاره‌های زیر صحیح است؟

- با کاهش دما در فشار ثابت، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود.
- با افزایش حجم در دمای ثابت، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود.
- با افزودن گاز He (که جزو مواد شرکت‌کننده در واکنش نیست) در دما و فشار کل ثابت، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود.
- با افزودن گاز He در دما و حجم ثابت، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود.
- با خارج کردن A در دما و حجم ثابت، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود.

- (۱) ۳      (۲) ۵      (۳) ۲      (۴) ۴

۱۲- واکنش فاز گازی  $A \rightleftharpoons B + C$  در یک ظرف در بسته با دمای ثابت ۶۵۰ کلوین و فشار ثابت ۲/۵۰ بار در حال پیشرفت است. هنگامی که فشار جزئی B به ۰/۲۵ بار می‌رسد،  $\Delta G$  واکنش برابر با  $-۳۷/۳۳$  کیلوژول بر مول است. پس از برقراری تعادل، فشار جزئی A برحسب بار تقریباً چقدر است؟ فرض کنید کلیه گازها رفتار ایده‌آل دارند و در ابتدای واکنش تنها A در ظرف وجود داشته است. ( $R = ۸/۳۱۴ \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ )

- (۱) ۰/۳۷      (۲) ۰/۰۵      (۳) ۱      (۴) ۰/۲۵

۱۳- یک محفظه بسته به کمک یک جداره به دو قسمت با حجم‌های مساوی تقسیم شده است. سمت چپ جداره با مخلوطی از گازهای متان و پروپان با نسبت مولی برابر پر شده است و سمت راست جداره خلا است. اگر حفره بسیار ریزی در جداره ایجاد شود، کسر مولی پروپان در سمت راست جداره پس از گذشت یک زمان کوتاه از ایجاد حفره، حدوداً چقدر است؟ فرض کنید دمای کل محفظه ثابت است و تغییری نمی‌کند. ( $H=۱$ ،  $C=۱۲$ )

- (۱) ۰/۳۸      (۲) ۰/۲۷      (۳) ۰/۵۰      (۴) ۰/۷۳

۱۴- تولوئن و بنزن در دمای ۴۰ درجه سلسیوس، محلول ایده‌آل تشکیل می‌دهند. در این دما، فشار بخار تولوئن و بنزن خالص بترتیب ۶۰ و ۱۶۰ تور است. محلولی از این دو مایع، با کسر مولی ۰/۶۰ نسبت به بنزن، که با بخار خود در تعادل است را در دمای ۴۰ درجه سلسیوس در نظر بگیرید. اگر فاز بخار را جدا نموده و مجدداً به مایع تبدیل کنیم، کسر مولی بنزن در بخار در تعادل با این مایع جدید در دمای ۴۰ درجه سلسیوس چقدر است؟

- (۱) ۰/۶۰      (۲) ۰/۹۱      (۳) ۰/۷۶      (۴) ۰/۸۰

سوال‌های چهارگزینه‌ی مرحله دوم سی و ششمین دوره المپیاد شیمی

۱۵- مقدار ۵ گرم  $\text{NH}_4\text{Cl}(s)$  به یک ظرف دربسته خالی به حجم ۵ لیتر افزوده شده و اجازه داده می‌شود تا واکنش  $\text{NH}_4\text{Cl}(s) \rightleftharpoons \text{NH}_3(g) + \text{HCl}(g)$  در دمای ثابت ۵۰۰ کلوین به تعادل برسد. با توجه به داده‌های ترمودینامیکی جدول زیر که مربوط به دمای ۵۰۰ کلوین است، فشار نهایی ظرف بر حسب تور کدام است؟  
(۱ تور =  $133/3$  پاسکال،  $R = 8/314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ،  $\Delta_f H^\circ(\text{NH}_4\text{Cl}) = 53/5$ )

	$\text{NH}_4\text{Cl}(s)$	$\text{NH}_3(g)$	$\text{HCl}(g)$
$\Delta_f H^\circ(\text{kJ mol}^{-1})$	-320	-50	-95
$S^\circ(\text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1})$	100	198	190

(۱) ۵۹ (۲) ۱۱۸۸ (۳) ۵۹۴ (۴) ۳۶

۱۶- یک سیستم بسته شامل ۰/۱ مول گاز ایده‌آل با  $C_{v,m}$  برابر با  $12/5 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  از شرایط اولیه با دمای ۳۵۰ کلوین و فشار ۰/۵ بار، فرآیند چرخه‌ای شامل مراحل I تا III را به صورت زیر طی می‌کند:

I	انقباض برگشت پذیر آدیاباتیکی تا فشار ۳/۰ بار و دمای ۷۱۶ کلوین
II	کاهش فشار به ۰/۵ بار در حجم ثابت
III	انبساط در فشار ثابت ۰/۵ بار تا رسیدن به حجم اولیه

برای این فرآیند،  $q$  (گرمای تبادل شده) بر حسب ژول کدام است؟ ( $R = 8/314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ )

(۱) صفر (۲) -۲۶۶ (۳) +۸۲۴ (۴) -۱۲۹

۱۷- قانون سرعت واکنش فاز گازی  $2\text{B} \rightarrow \text{C}$  در دمای ۵۰۰ کلوین به صورت  $r = k[\text{B}]^2$  می‌باشد. در یک آزمایش، مقدار ۰/۴ مول B به یک ظرف خالی دربسته با حجم ۱۰ لیتر و دمای ۵۰۰ کلوین افزوده گردید. پس از گذشت ۴۰ دقیقه از شروع واکنش، فشار ظرف برابر با ۱۰۹۲ تور اندازه‌گیری شد. مقدار  $k$  بر حسب  $\text{L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$  کدام است؟  
قانون سرعت انتگرال‌گیری شده برای این واکنش مرتبه دوم به صورت زیر است:

$$\frac{1}{[\text{B}]} = \frac{1}{[\text{B}]_0} + 2kt \quad (1 \text{ تور} = 133/3 \text{ پاسکال}, R = 8/314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1})$$

(۱)  $7/44 \times 10^{-4}$  (۲)  $3/48 \times 10^{-3}$  (۳)  $1/74 \times 10^{-3}$  (۴)  $1/49 \times 10^{-3}$

۱۸- چه تعداد از عبارات زیر در مورد نمودار فاز آب خالص صحیح نمی‌باشد:

- نقطه ذوب یخ با افزایش فشار، افزایش می‌یابد.
- در فشارهای بالاتر از فشار نقطه سه‌گانه، یخ تصعید نمی‌شود.
- در نقطه بحرانی، چگالی مایع و بخار برابرست.
- بخار آب در هر دمایی اگر به اندازه کافی فشرده شود، به مایع تبدیل می‌گردد.
- با افزایش فشار، نقطه جوش آب افزایش می‌یابد.
- در نقطه سه‌گانه، هر سه فاز جامد، مایع و بخار با یکدیگر در حال تعادل هستند.

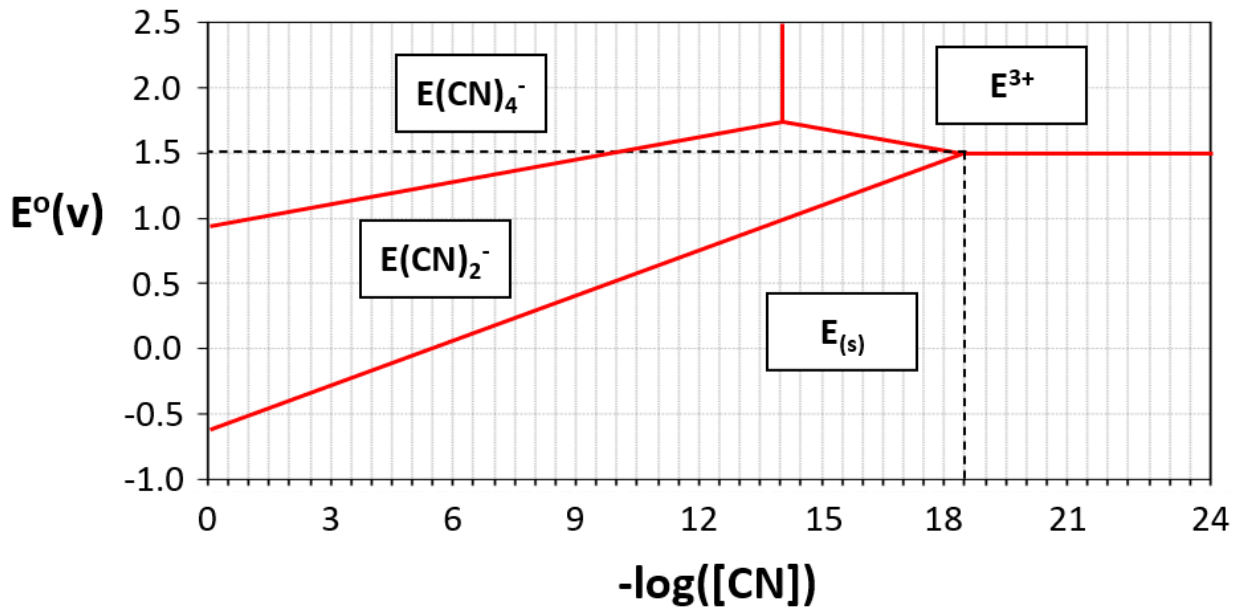
(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

## سوال‌های چهارگزینه‌ی مرحله دوم سی و ششمین دوره المپیاد شیمی

۱۹- دو بشر حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول آبی  $\text{CuSO}_4$  در دمای  $25^\circ\text{C}$  را در نظر بگیرید که با یک پل نمکی به یکدیگر متصل هستند و داخل هر کدام یک تیغه مسی قرار داده شده است. غلظت  $\text{CuSO}_4$  در بشر اول،  $10^{-2}\text{ M}$  و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو تیغه مسی  $23\text{ mV}$  می‌باشد. حال اگر دو تیغه مسی با یک سیم به هم وصل شوند، تغییر جرم تیغه مسی در بشر دوم پس از یک مدت زمان بسیار طولانی بر حسب میلی‌گرم تقریباً کدام است؟ فرض کنید غلظت  $\text{CuSO}_4$  در بشر دوم بیشتر از بشر اول است. ( $F = 96485\text{ C mol}^{-1}$ ,  $R = 8.314\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$ ,  $\text{Cu} = 63.5$ )

- ۱۲/۸ (۴)
۴/۶ (۳)
۲۲/۲ (۲)
۱۵/۹ (۱)

۲۰- نمودار زیر پتانسیل استاندارد کاهشی گونه‌های فلز  $\text{E}$  را در غلظت‌های مختلف یون سیانید نشان می‌دهد. در هر محدوده، گونه غالب نشان داده شده است. منحنی جداکننده دو محدوده نشانگر مجموعه شرایطی (از پتانسیل و غلظت سیانید) است که تحت آن‌ها گونه‌های مربوط به این دو محدوده با فعالیت یک با هم در تعادلند. ( $T = 298.15\text{ K}$ ,  $F = 96485\text{ C mol}^{-1}$ ,  $R = 8.314\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$ )

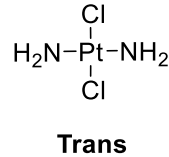
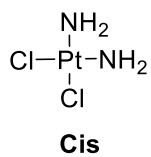


اگر پتانسیل کاهشی زوج ردوکس  $\text{E}^{3+}$  و  $\text{E}^{+}$  برابر  $1/41$  ولت باشد، کدام گزینه ثابت تعادل تشکیل کمپلکس  $\text{E(CN)}_4^-$  و کمپلکس  $\text{E(CN)}_2^-$  را به ترتیب از راست به چپ درست نشان می‌دهد؟

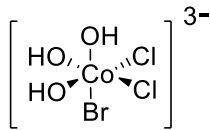
- ۱۰.۴۱ و ۱۰.۵۲ (۴)
۱۰.۴۰ و ۱۰.۵۶ (۳)
۱۰.۴۵ و ۱۰.۵۶ (۲)
۱۰.۳۶ و ۱۰.۵۲ (۱)

سوال‌های چهارگزینه‌ی مرحله دوم سی و ششمین دوره المپیاد شیمی

۲۱- در ترکیبات کئوردیناسیون، مشابه ترکیبات آلی، ایزومری هندسی (دیاستریومری) دیده می‌شود. ترکیب دی‌آمین‌دی‌کلرو پلاتین (+۲) دارای ۲ ایزومر هندسی زیر است که موقعیت گروه‌های متصل به فلز مرکزی در آن‌ها متفاوت هستند.



کمپلکس شش‌وجهی زیر با احتساب ساختار رسم شده، چند ایزومر هندسی دارد؟



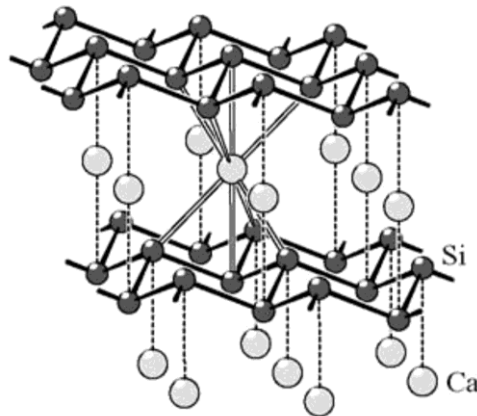
۴ (۴)

۱ (۳)

۵ (۲)

۳ (۱)

۲۲- فرمول نمک پلی‌سیلیسید زیر کدام است؟



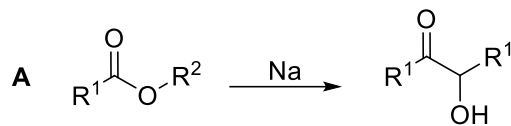
$\text{Ca}_2\text{Si}_4$  (۴)

$\text{CaSi}$  (۳)

$\text{CaSi}_2$  (۲)

$\text{Ca}_2\text{Si}$  (۱)

۲۳- واکنش زیر به تراکم آسیلویین معروف است. استر مجهول A را در نظر بگیرید که از واکنش الکل B و کربوکسیلیک اسید C تولید می‌شود. با اضافه کردن مقدار کافی از فلز سدیم به ۱ گرم A، مقدار ۰/۴۵۶ گرم محصول مطابق واکنش زیر حاصل می‌شود. ۱ گرم از A در حضور پتاس به طور کامل هیدرولیز شده و سپس مخلوط واکنش اسیدی می‌شود تا کربوکسیلیک اسید C حاصل شود. پس از جداسازی C، محلول حاوی آن با ۲۵/۳ میلی‌لیتر سود ۰/۲۵ مولار به طور کامل تیتر می‌شود. برای الکل B چند ساختار می‌توان در نظر گرفت؟ ایزومرهای فضایی مد نظر نمی‌باشند. (گروه‌های  $\text{R}^1$  و  $\text{R}^2$  آلکیل هستند.  $\text{H}=۱$ ،  $\text{O}=۱۶$ ،  $\text{C}=۱۲$ )



۱۶ (۴)

۸ (۳)

۲ (۲)

۴ (۱)



## سوال‌های چهارگزینه‌ی مرحله دوم سی و ششمین دوره المپیاد شیمی

۲۸- دانش‌پژوهی قصد داشت یک لیتر محلول بافر با غلظت ۰/۲۵ مولار از نمک  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  و ۰/۱۵ مولار از نمک  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  تهیه کند. او این کار را با انحلال مقدار لازم از این نمک‌ها در آب انجام داد؛ اما اشتباهاً به جای آب مقطر از آب لوله‌کشی استفاده کرد. به همین علت، محلول تهیه شده کدر شد و در آن مقدار کمی رسوب آرام‌آرام شروع به ته‌نشین شدن کرد. مرئی آزمایشگاه به او گفت که به علت استفاده از آب لوله‌کشی، که حاوی یون منیزیم است، در محلول رسوب  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$  تشکیل شده است. او رسوب تشکیل شده را صاف کرد و محلول زیر صافی را برداشت. غلظت یون منیزیم در محلول زیر صافی حداقل چند مولار است؟  $(K_{sp}=[\text{Mg}^{2+}][\text{NH}_4^+][\text{PO}_4^{3-}]=3.2 \times 10^{-13})$  مقادیر  $\text{pK}_a$  اسیدی برای  $\text{NH}_4^+$ ،  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  و  $\text{HPO}_4^{2-}$  به ترتیب ۹/۲، ۷/۲ و ۱۲/۳ می‌باشند.

- (۱)  $1.0 \times 10^{-6}$       (۲)  $2.1 \times 10^{-7}$       (۳)  $4.9 \times 10^{-7}$       (۴)  $8.1 \times 10^{-7}$

۲۹- یکی از روش‌های اندازه‌گیری  $K_{sp}$  رسوب‌های نامحلول، استفاده از پتانسیومتری است. این روش به خصوص وقتی کارایی دارد که حلالیت رسوب آن قدر ناچیز است که سایر روش‌های اندازه‌گیری مانند وزن‌سنجی یا تیتراسیون قابل استفاده نیستند. محلولی به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر با غلظت‌های ۰/۰۵ مولار از  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  و ۰/۹۵ مولار از  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  تهیه کرده، به آن ۲۰۰ میلی‌گرم رسوب  $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$  اضافه می‌کنیم و یک تیغه مسی نیز به عنوان الکترود درون این محلول قرار می‌دهیم. پتانسیل این محلول در حالت تعادل نسبت به الکترود استاندارد هیدروژن (SHE) در دمای اتاق،  $+0.158$  ولت اندازه‌گیری شد. مقدار  $\text{pK}_{sp}$  این رسوب را محاسبه کنید. پتانسیل کاهشی استاندارد زوج  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}(s)$  برابر  $+0.342$  ولت است. مقدار عددی  $\text{pK}_a$  برای  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  و  $\text{HPO}_4^{2-}$  را هم به ترتیب ۷/۲ و ۱۲/۳ در نظر بگیرید.  $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ،  $F = 96485 \text{ C mol}^{-1}$

- (۱) ۱۳/۹      (۲) ۲۴/۷      (۳) ۳۴/۰      (۴) ۴۶/۸

۳۰- با توجه به جدول زیر، چه تعداد از گزاره‌ها صحیح هستند؟

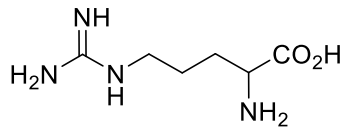
نیم‌واکنش	پتانسیل کاهشی استاندارد (V)
$\text{Fe}(\text{phen})_3^{3+} + e^- \rightarrow \text{Fe}(\text{phen})_3^{2+}$	۱/۱۴۷
$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-} + e^- \rightarrow \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$	۰/۳۵۶
$\text{Fe}^{3+} + e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	۰/۷۷۱
$\text{Cu}(\text{en})_2^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}(s) + 2 \text{en}$	-۰/۲۵۳
$\text{Cu}(\text{en})_2^+ + e^- \rightarrow \text{Cu}(s) + 2 \text{en}$	-۰/۱۱۹

- ثابت تشکیل کمپلکس لیگاند فنانترولین (phen) با یون  $\text{Fe}^{3+}$  در محلول آبی بزرگتر از کمپلکس آن با یون  $\text{Fe}^{2+}$  است.
- $\text{Cu}(\text{en})_2^+$  در محلول آبی ناپایدار است. (en = اتیلن‌دی‌آمین)
- اگر مقدار کافی از نمک بی‌رنگ  $[\text{Cu}(\text{en})_2]\text{Cl}$  به محلول  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  اضافه شود، محلول به آبی تغییر رنگ می‌دهد.

- (۱) صفر      (۲) یک      (۳) دو      (۴) سه

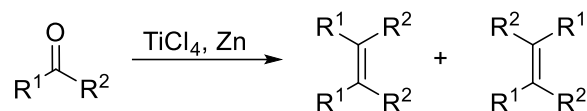
## سوال‌های چهارگزینه‌ی مرحله دوم سی و ششمین دوره المپیاد شیمی

۳۱- آمینواسید زیر در فرم پروتونه شده خود، دارای پروتون‌های اسیدی به ترتیب با  $pK_a$  های ۲/۱۷ ، ۹/۰۴ و ۱۲/۴۸ است. در کدام pH بار خالص الکتریکی آن (میانگین بار گونه‌ها) صفر است؟



- ۱۰/۷۶ (۴)                      ۷/۳۳ (۳)                      ۵/۶۱ (۲)                      ۳/۹ (۱)

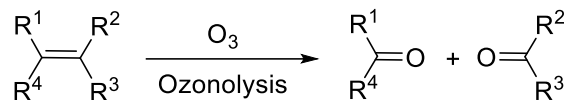
۳۲- در واکنش جفت شدن مک موری، اولفین‌ها از ترکیبات کربونیل (آلدهیدها و کتون‌ها) تهیه می‌شوند:



اگر جرم مولی محصولی که از واکنش جفت شدن مک موری بدست می‌آید، ۱/۶۲۸ برابر جرم مولی ترکیب کربونیل‌دار اولیه باشد، چند ساختار برای محصول این واکنش محتمل است؟ از ایزومرهای فضایی، فقط ایزومرهای سیس و ترانس را در نظر بگیرید. گروه‌های R هیدروژن یا آلکیل هستند. (H=۱ ، C=۱۲ ، O=۱۶)

- ۲۸ (۲)                      ۱۳ (۳)                      ۲۸ (۲)                      ۷ (۱)

۳۳- مقدار ۸/۶۶ گرم کربوکسیلیک اسید تک عاملی A به طور کامل با محلول سود واکنش می‌دهد. وقتی محصول حاصل در ۳۰۰ گرم آب به طور کامل حل می‌شود نقطه‌ی انجماد محلول به ۰/۷۵۶- درجه سلسیوس می‌رسد. در اثر واکنش ازونولیز ترکیب A، فقط دو محصول تولید می‌شود که نسبت جرم مولی محصولی که اکسیژن بیشتری دارد به محصولی که اکسیژن کمتری دارد ۱/۴۱۷ است، چند ساختار برای ترکیب A می‌توان در نظر گرفت که نسبت به هم ایزومر ساختاری باشند؟ شکل کلی واکنش ازونولیز در زیر نمایش داده شده است.  $K_f(\text{آب}) = ۱/۸۶ \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}$



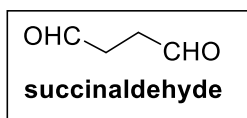
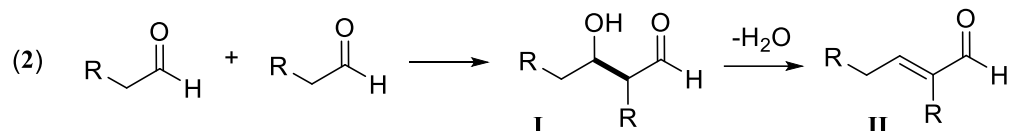
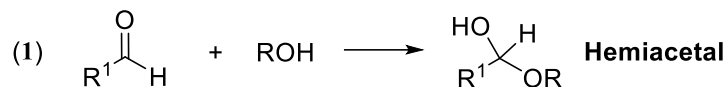
- ۱۲ (۱)                      ۸ (۲)                      ۶ (۳)                      ۱۲ (۱)

۳۴- دانش‌پژوهی در یک انبار مواد شیمیایی ظرفی قدیمی پیدا می‌کند. از برجسب مشخصات ظرف، فقط فرمول مولکولی  $C_{18}H_{36}$  قابل تشخیص است؛ اما در اطراف ظرف یادداشت‌های پراکنده‌ای دیده می‌شود. کدام یادداشت قطعاً توصیف‌کننده‌ی این ترکیب نیست؟

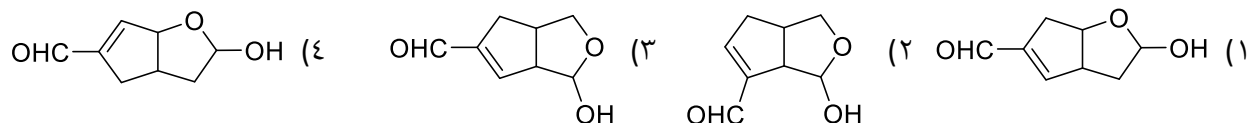
- (۱) محلول برم را بی‌رنگ می‌کند. در ساختار خود فقط یک نوع هیدروژن دارد.
- (۲) محلول برم را بی‌رنگ نمی‌کند. در ساختار خود دو نوع کربن و یک نوع هیدروژن دارد.
- (۳) محلول برم را بی‌رنگ نمی‌کند. در ساختار خود دو نوع کربن و دو نوع هیدروژن دارد.
- (۴) محلول برم را بی‌رنگ می‌کند. در ساختار خود سه نوع کربن و سه نوع هیدروژن دارد.

## سوال‌های چهارگزینه‌ی مرحله دوم سی و ششمین دوره المپیاد شیمی

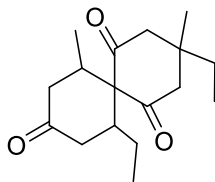
۳۵- از واکنش آلدهیدها با الکل‌ها (به نسبت ۱ به ۱) همی‌استال‌ها بدست می‌آیند (معادله ۱). همچنین آلدهیدها با خودشان دچار واکنش می‌شوند و هیدروکسی‌آلدهید (II) را می‌دهند که ممکن است با از دست دادن یک مولکول آب در شرایط واکنش به یک آلدهید غیراشباع (III) تبدیل شود.



ترکیب A در شرایطی که مناسب برای انجام شدن واکنش‌های ۱ و ۲ است، از سوکسین‌آلدهید بدست می‌آید. کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند ترکیب A باشد؟



۳۶- مولکول زیر چند ایزومر فضایی دارد؟ ایزومرهای صورتبندی مد نظر نمی‌باشند.



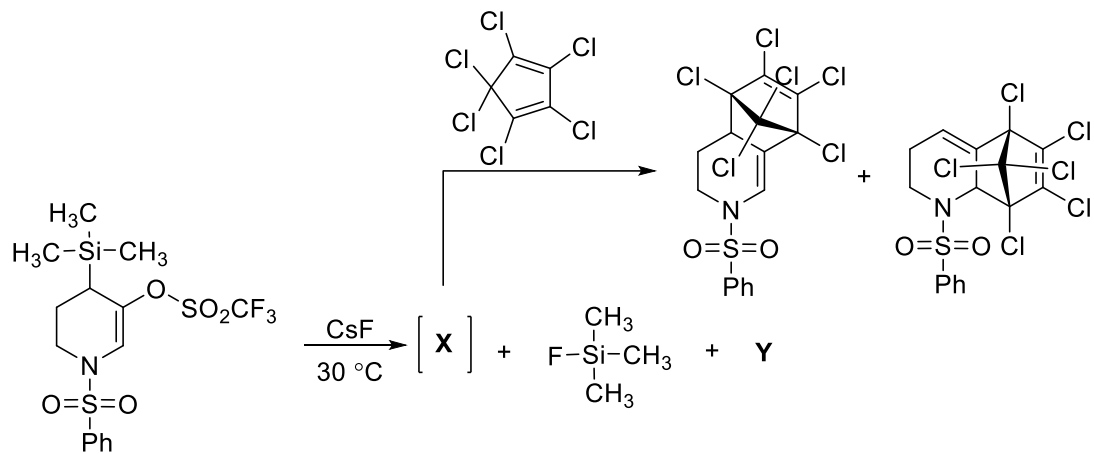
(۴) بیشتر از ۸

(۳) ۸

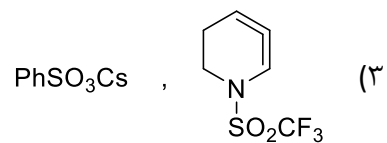
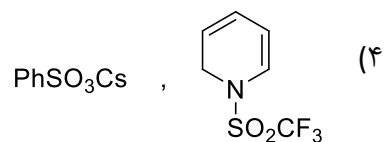
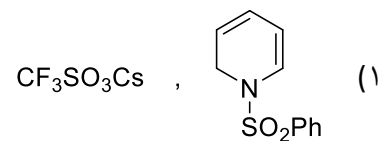
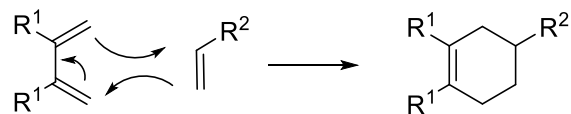
(۲) ۴

(۱) ۲

۳۷- در واکنش زیر X و Y کدامند؟

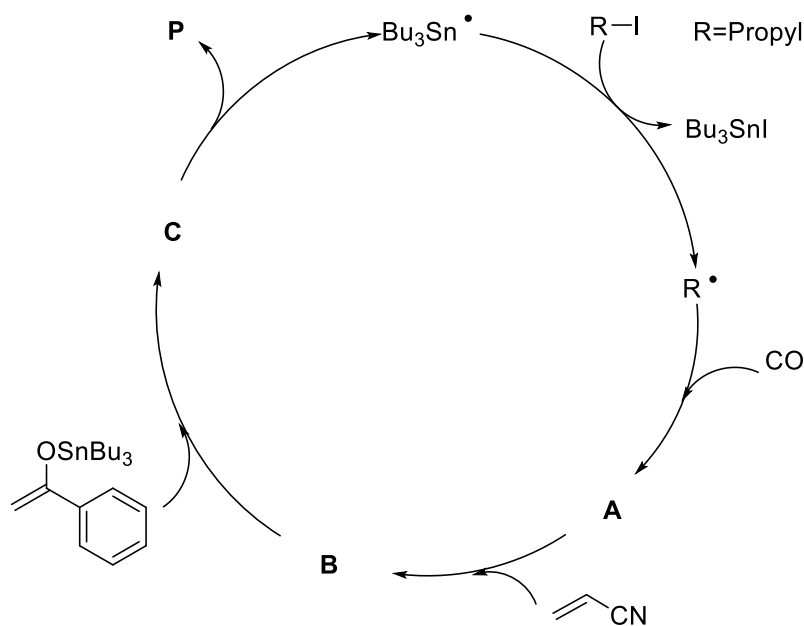
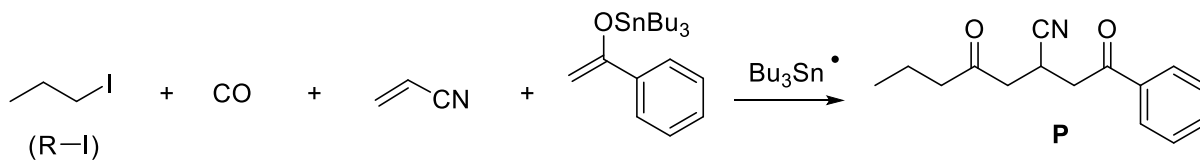


راهنمایی: شکل کلی واکنش دیلز-آلدر:



سوال‌های چهارگزینه‌ی مرحله دوم سی و ششمین دوره المپیاد شیمی

۳۸- محصول P از طریق واکنش زیر در مجاورت گونه رادیکالی  $\text{Bu}_3\text{Sn}^\bullet$  با مکانیسم داده شده تهیه شده است:



چه تعداد از عبارات زیر صحیح است؟

- از بین حدواسط‌های A، B و C یکی از گونه‌ها رادیکالی نیست.
- حدواسط B تعداد ۱۰ هیدروژن دارد.
- حدواسط C تعداد ۲۸ کربن دارد.

سه (۴)

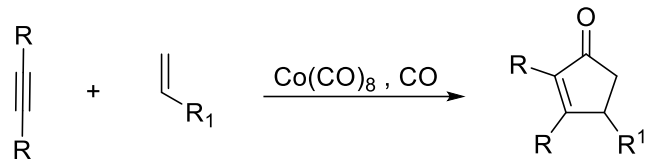
دو (۳)

یک (۲)

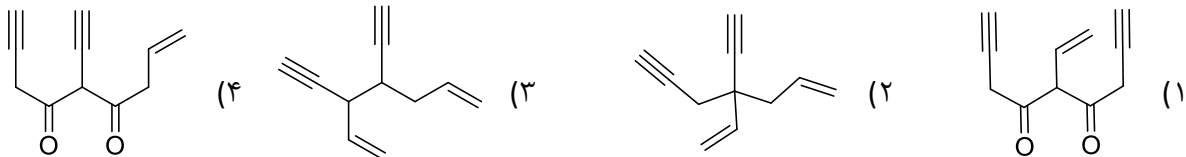
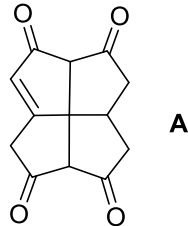
صفر (۱)

سوال‌های چهارگزینه‌ی مرحله دوم سی و ششمین دوره المپیاد شیمی

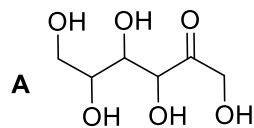
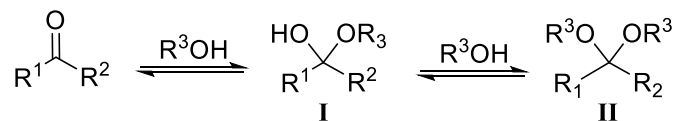
۳۹- واکنش زیر که در حضور گاز کربن مونوکسید و در مجاورت کاتالیست کمپلکس کبالت انجام می‌شود، به واکنش Pauson-Khand شناخته می‌شود:



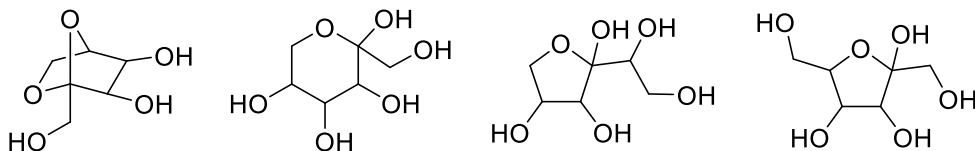
برای تهیه A به روش فوق، کدام ماده اولیه مناسب است؟



۴۰- آلدهیدها و کتون‌ها در شرایط مناسب با الکل‌ها (به مقدار کافی) واکنش می‌دهند و در تعادل با فرم‌های همی‌استالی (I) و استالی (II) قرار می‌گیرند:



اگر ترکیب A در همین شرایط مناسب قرار داده شود، تشکیل چه تعداد از ترکیبات زیر محتمل است؟ (از هر واکنش تعادلی و نواری دیگر صرف نظر کنید.)



دو (۴)

سه (۳)

صفر (۲)

یک (۱)