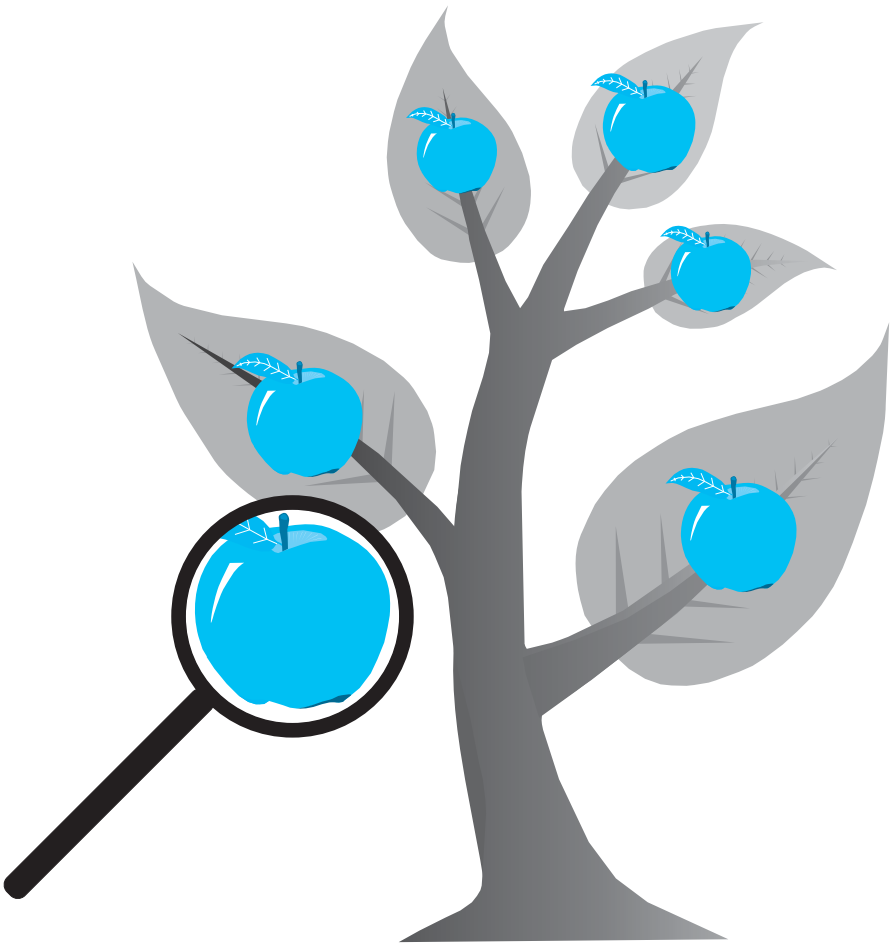
برگی از درخت المپیاد شیمی

مسائل پیشرفته برای المپیاد شیمی

مؤلفین

محمدرضا امیرمشیری (دارنده مدال نقره جهانی)

امیرحسین ناصری (دارنده مدال طلای جهانی)



درخت المپیاد درختی است که توسط انتشارات خوشخوان کاشته شده و هریک از کتاب‌های این پروژه برگی از آن است.

وظیفه‌ی ما نگهداری و آبیاری این درخت است. امیدواریم با عنایات حضرت حق این درخت، تنومند شده و به بار واقعی بنشیند.

فراموش نکنید که بار و میوه‌ی این درخت شما عزیزان می‌باشید.

التماس دعا

پروژه‌ی درخت المپیاد

اعتقاد بر این است که شروع فعالیت‌های المپیاد به صورت حرفه‌ای، باید از ابتدای دوره‌ی دبیرستان شروع شود. اکثر المپیادهای علمی در زمستان سال سوم دبیرستان تعیین تکلیف می‌شوند. بنابراین از شروع دبیرستان تا اواسط سال سوم حدوداً ۸ ترم تحصیلی می‌شود (با احتساب فصل و ترم تابستان) که لازم است برنامه‌ریزی دقیقی برای این چند ترم انجام شود.

انتشارات خوشخوان این برنامه‌ریزی را در قالب پروژه‌ی درخت المپیاد انجام داده است که هر شاخه از درخت، مبحثی از آن المپیاد و هر برگ از آن شاخه شماره‌ای از آن مبحث می‌باشد.

به عنوان مثال اپتیک (۱) کتابی است که در یک ترم تحصیلی در یک کلاس ممتاز می‌توان برای داوطلبان المپیاد فیزیک تدریس کرد.

با عنایات حضرت حق و با کمک تنی چند از همکاران گرامی کتب مربوط به این درخت در هر رشته‌ای از المپیاد معرفی خواهد شد.

منتظر پیشنهادات و نظرات شما سروران هستیم.

گروه المپیاد

انتشارات خوشخوان

مسابقه ها، کنکورها و المپیادهای علمی همایش هایی هستند که کم وبیش در سرتاسر دنیای پهناور به صورت داخلی وبین المللی برگزار می شود وسال به سال به تنوع، جذبه وعظمت آن ها افزوده می‌شود. یکی ازاین همایش های باشکوه که هرسال درچندین رشته درسطح دانش آموزان سنوات آخر دوره متوسطه برگزار می‌شود المپیادهای علمی می باشد که قدیمی ترین آن المپیاد ریاضی بوده و ازسال ۱۹۵۹ آغاز و تا به حال ادامه داشته است.

در حال حاضر نتیجه ی کسب شده در المپیادهای علمی برای هر کشوری یکی از شاخص های قدرت علمی آن کشور محسوب شده و نفرات ممتاز این المپیادها به راحتی جذب دانشگاه ها وآکادمی های ممتاز جهان شده وپس ازگذشت سنواتی چند به موفقیت های چشم‌گیری نایل می شوند چنانچه بسیاری از دانشمندان حال حاضر در رشته های مختلف از جمله شیمی، فیزیک، IT و ... در سال های نه چندان دور از مدال آوران این المپیادها بوده اند.

جمهوری اسلامی ایران برای اولین باردر سال ۱۳٦٦ در المپیاد ریاضی جهان که در کشور کوبا برگزار می شد شرکت کرده و باکسب یک مدال برنز به مقام ۲٦ جهان نائل آمد که تعجب همگان را برانگیخت چراکه درآن سال ایران درگیرجنگ تحمیلی بوده و جهانیان به غیر از جنگ و درگیری چیزی از ایران سراغ نداشتند و درخشش دانش آموزان ایران در آن سال و سنوات بعد نگاه ها را به سمت ایران معطوف کرده وچشم خفته آن ها را تا حدود زیادی بیدار کرد. همانطورکه از رسانه های گروهی مطلع شده اید درتمام المپیادهای علمی تیم اعزامی کشورعزیزمان درسنوات گذشته جزء کشورهای برتر بوده وضمن کسب مدال های رنگارنگ رتبه های بسیار درخشانی ازجمله رتبه اول را حائز شده اند.

نحوه گزینش نفرات اعزامی به المپیادهای جهانی تا حدود زیادی مشابه یکدیگرند به این صورت که درابتدا درمسابقه ای سراسری تحت عنوان مرحله اول که معمولاً به صورت پرسش های چندگزینه ای مطرح می شود حدوداً هزارنفر پذیرفته شده و در رقابتی معمولاً تشریحی که مرحله ی دوم نامیده می شود شرکت می کنند. دراین مرحله در هر رشته حدوداً چهل نفر پذیرفته شده و دردوره ی تابستانی درباشگاه دانش پژوهان جوان که متولی برگزاری تمام المپیاد های علمی می باشد شرکت کرده و پس ازگذراندن این دوره مرحله ی سوم آزمون برگزار شده و عده ای (در حدود ده نفر) مدال طلا، عده ای مدال نقره و عده ای دیگر مدال برنز

کسب می کنند(دراین مرحله معمولاً همه‌ی افراد شرکت کننده دردوره مدال کسب می کنند) دارندگان مدال طلا حدود یک سال در آن باشگاه آموزش دیده و پس از آن اعضاء تیم اعزامی شناسایی می شوند. دارندگان مدال طلا همگی بدون کنکور و در رشته و دانشگاه دلخواه خود پذیرفته شده و ادامه ی تحصیل می دهند اما دارندگان مدال های نقره و برنز همانند سایر داوطلبان درکنکور سراسری شرکت کرده و برای کسب رتبه دلخواه جهت پذیرفته شدن در رشته ودانشگاه مورد علاقه خود درقابت می کنند با این تفاوت که این افراد سهمیه‌ی ویژه ای در پذیرفته شدن در رشته ودانشگاه مورد علاقه ی خود دارند که جزئیات آن در سایت باشگاه دانش پژوهان جوان تشریح شده است.

متأسفانه درسال های اخیر در بعضی از مدارس افرادی مثلاً لباس کارشناسی به تن کرده و علیه فعالیت های المپیاد جبهه می گیرند و ادعا می کنند فعالیت برای المپیادهای علمی مانع موفقیت درکنکور سراسری بوده و هرچه دانش آموز به سمت المپیاد سوق پیدا کند ازکنکورفاصله گرفته و در صورت عدم کسب مدال طلا (که بسیار محتمل است) آینده ی خود را تباه کرده است درحالی که با تحقیقی که درسال های گذشته انجام شده است فعالیت درزمینه المپیادهای علمی نه تنها مانع فعالیت برای کنکور نیست بلکه مسیرفعالیت برای کسب رتبه مناسب درکنکور را بسیار هموارتر می سازد به عنوان مثال می توانید تمام مدال آوران نقره و برنز ویا حتی آن هایی که در مرحله اول پذیرفته شده ولی به دوره تابستانی راه پیدا نکرده اند را دریک رشته شناسایی کرده و موفقیت های تحصیلی آن ها را در دانشگاه ها جویا شوید که نگارنده ی این متن بارها این تحقیق را انجام داده و به مثبت بودن آن یقین پیدا کرده است.

به هرحال ادعا این است که فعالیت دانش آموز دریک رشته از رشته های المپیاد فواید بسیاری داردکه به تعدادی ازآن ها به صورت گذرا اشاره می شود:

۱. همان طورکه خداوند به بشرتن سالم داده و انتظار می رود با ورزش ها و نرمش های مناسب ازاین نعمت خدادادی محافظت شود به هردانش آموزی نیزاستعدادی داده است که باید شکوفا وبهره ور شود. اغلب باشگاه های کشور اعم ازخصوصی و دولتی داوطلب زیادی در رشته های متفاوت ورزشی دارند که مشغول فعالیت دریکی از رشته های ورزشی مانند کشتی، تکواندو، بدن سازی و ... می باشند که وقتی ازآن افراد راجع به اهدافشان ازاین فعالیت سؤال می شود سالم نگه داشتن بدن را عنوان داشته وانتخاب شدن درتیم ملی را درنهایت عنوان می کنند. چه بسا افرادی که در این رشته ها فعالیت می کنندو هرگز به تیم ملی راه پیدا

نمی کنند که وقتی ازاین افراد راجع به موفقیت هایشان سؤال می شود هرگزخود را ناموفق معرفی نمی کنند و همین که توانسته اند از بدن سالم خود به روش مناسب محافظت کنند را پیروزی بزرگی می دانند بنابرین فعالیت دریکی اززمینه های المپیاد چه در نهایت به کسب مدال منجر شود و یا نشود همین که استعداد خدادادی پرورش می یابد موفقیتی است بس بزرگ.

۲. کتب درسی به اذعان اکثر کارشناس ها و اساتید سال به سال ساده تر شده و برای عموم دانش آموزان دلچسب هستند ولی برای دانش آموزان ممتاز و تیزهوش به هیچ عنوان اغناکننده نمی باشند لذا لازم است این سری ازدانش آموزان فعالیت ویژه ای را در رشته‌ی مورد علاقه‌ی خود داشته باشند تا احساس کنند این فعالیت ها برای آن ها اغناکننده است.

۳. فعالیت های المپیادی که درنهایت به حل سؤالات پیچیده و عمیق در رشته ی مربوطه می شود باعث می شود تا فرد به تمام مسائل جامعه و پیش آمده درزندگی به دید یک مسأله ی المپیاد نگاه کرده و درحل آن نسبت به سایر رقبا موفق تر باشند. تحقیقات نشان می دهد افرادی که با علاقه و اشتیاق حداقل یکی ازشاخه های المپیاد را دنبال می کنند (نه به نیت کسب مدال بلکه به نیت پرورش ذهن) نسبت به سایر افراد در زندگی موفق ترند.

٤. زیربنای اکثر دروس پیش دانشگاهی در دروس المپیاد بنا نهاده می شود بنابرین افرادی که به سبک المپیادی دروس خود را مطالعه می کنند در دوره پیش دانشگاهی با پایه ی بسیار قوی تری با دروس مواجه می شوند و نسبت به رقبای خود راحت تر ازعهده آن ها برمی آیند.

۵. با توجه به مصوبه های موجود، کسب مدال دریکی ازالمپیاد های علمی(حتی مدال برتر) باعث اعطای امتیازهای ویژه ای برای داوطلبان کنکور در ورود به دانشگاه های سراسری می شود که جزئیات آن درسایت های معتبرمخصوصاً سایت باشگاه دانش پژوهان جوان موجود است.

٦. همچنین با توجه به مصوبه های موجود اکثر داوطلبان المپیادها به عضویت نهادهای مختلف ازجمله بنیاد ملی نخبگان درمی آیند که با رجوع به سایت های مرتبط با این نهادها و بنیادها امتیازات تعلق یافته به اعضاء را مشاهده خواهید کرد.

انتشارات خوشخوان مفتخراست از بدو تأسیس به فکرتدوین و تألیف منابعی مناسب برای دانش آموزان ممتاز و داوطلبان المپیاد بوده است که خوشبختانه با یاری خداوند متعال وبا بهره گیری ازاساتید مجربی که خود درسنواتی نه چندان دورمدال آوریکی ازالمپیادهای علمی بوده اند، کتب متعددی به بازار عرضه شده است که مورد توجه داوطلبان قرار گرفته است. بعد ازکسب تجربیات لازم به این نتیجه رسیده ایم که لازم است کتبی به صورت کار تدوین وتألیف شود که درآن هر کتاب مخصوص یک ترم تحصیلی باشد. این پروژه به نام درخت المپیاد نام گرفته است و هر کتاب ازاین پروژه که دراختیار دارید برگی از آن درخت خواهد بود.

بدیهی است انجام چنین پروژه ی عظیمی نظر و همت دسته جمعی می طلبد لذا لازم است ازتمام دوستان و همکارانی که ما را در انجام این پروژه یاری نموده اند، تشکر و قدردانی می نمایم و درنهایت نیز ازعوامل زحمت کش انتشارات اعم ازمشاورین، حروف چین ها، طراحان وکارمندان وکارگران عزیزکمال امتنان را دارم.

با تشکر

رسول حاجی زاده مدیر انتشارات خوشخوان

خداوند متعال را سپاس می‌گوییم که توفیق تالیف این کتاب را به ما عنایت فرمود.

شاید برای برخی از دانش آموزان مقطع متوسطه، مطالعه کتب درسی در پاره‌ای از مواقع کسل‌کننده باشد، لذا تعدادی مسابقات علمی در این مقطع هر ساله برگزار می‌گردد که آزمون المپیاد در این بین به دلیل امتیازات آن از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. این آزمون نه تنها در کشور عزیزمان، که در بیش از ۱۰۰ کشور جهان برگزار شده و هر کشور نفرات برتر خود را هر ساله به مسابقات جهانی اعزام می‌کند.

ما نیز در ٤٢امین المپیاد جهانی شیمی (IChO) در کشور ژاپن، افتخار نمایندگی ایران را داشته‌ایم و با توجه به تجارب خود چه در آن مقطع و چه در کسوت تدریس، همت به تالیف این کتاب گماشته‌ایم.

فقدان چنین کتابی، مربوط به مقاطع بالاتر المپیاد شیمی (مرحله‌ی دوم و دوره تابستانه)، بیش از پیش در بین دانش آموزان عزیز احساس می‌گردد. لذا بر آن شدیم که آزمون‌های ملی کشورهای مختلف همچون روسیه، آلمان، مجارستان، انگلیس و همچنین سوالات آماده‌سازی المپیادهای جهانی را بررسی کرده و ضمن ادغام آن‌ها با سوالات تالیفی خود، مجموعه‌ای متناسب با آزمون‌های برگزار شده در ایران تهیه کنیم.

این کتاب شامل دو بخش مربوط به مرحله دوم (سطح یک) و مرحله کشوری (سطح دو) می‌باشد که سوالات مربوط به هر بخش به ٤ دسته شیمی آلی، شیمی تجزیه، شیمی فیزیک و شیمی معدنی تقسیم شده است. تمامی سوالات به صورت تشریحی بوده و پاسخ‌های آنها به ترتیب به صورت تشریحی و جواب کوتاه برای سطح یک و سطح دو ارائه شده است.

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم که از دوست عزیزمان، جناب آقای احمدزاده، که در گردآوری سوالات کشورهای مختلف کمک شایانی نموده اند و همچنین جناب آقای حاجی‌زاده، ناشر محترم، به پاس حمایت‌های ایشان در این راه، تشکر ویژه‌ای داشته باشیم.

از آنجایی که تالیف و چاپ کتاب مبرا از اشتباه نمی‌باشد، از شما اساتید و دانش‌آموزان عزیزمان، خواهشمندیم تا با ارسال نظرات خود به آدرس Moshiri91@gmail.com و یا دفتر انتشارات خوشخوان، ما را در بهبود این اثر یاری فرمایید.

محمدرضا امیرمشیری

سیدامیرحسین ناصری

پاییز ۱۳۹۲

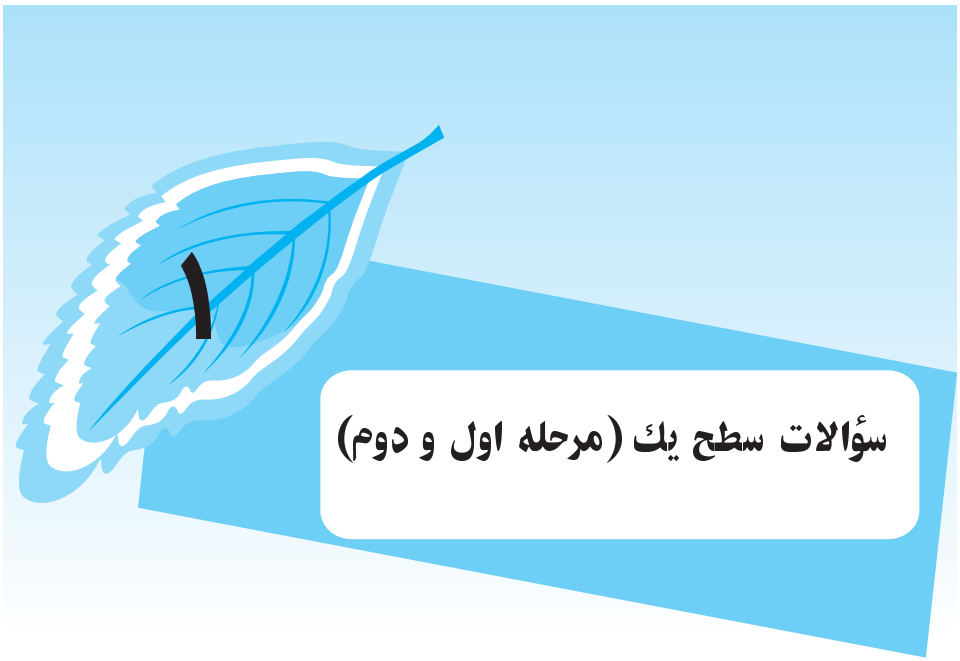
فهرست مطالب

فصل ۱ — سؤالات سطح یک (مرحله اول و دوم) — ۱

فصل ۲ — پاسخ سؤالات سطح یک — ۵۷

فصل ۳ — سؤالات سطح دو (دوره تابستانه) — ۱۱۳

فصل ٤ — پاسخ سؤالات سطح دو — ۱۷۹



۱ سؤالات سطح یك (مرحله اول و دوم)

۱-۱ شیمی آلی

۱. هیدروکربن‌هایی با فرمول تجربی $(CH)_n$ جذابیت‌های خاصی برای شیمی‌دانان دارند. برای کامل شدن ظرفیت تمام اتم‌ها در این ترکیبات، پیوندهای چندگانه $C-C$ یا حلقوی شدن ایجاد می‌شود. مثال‌های مهمی از هیدروکربن‌های $(CH)_n$ عبارتند از:

(اتین) استیلن : $n = ۲$

بنزن : $n = ۶$

کوبان : $n = ۸$

دودکاهدران : $n = ۲۰$

دو ترکیب سیکلوبوتادی‌اِن و بوتاتری اِن را در نظر بگیرید که مثال‌هایی از این ترکیبات با $n = ۴$ می‌باشند:

(الف) ساختار این دو ایزومر $C_۴H_۴$ را رسم کنید.

(ب) پیوند $C=C$ مرکزی در بوتاتری اِن از لحاظ طول پیوند با دو پیوند $C=C$ دیگر در این مولکول متفاوت است. علت را توضیح دهید.

آیا پیوند $C=C$ مرکزی در بوتاتری اِن کوتاهتر از پیوندهای $C=C$ دیگر است یا بلندتر؟

(ج) تمامی اتم‌های کربن در سیکلوبوتادی اِن هم‌ارزند (یکسانند). یک هیدروکربن $C_۴H_۴$ دیگر

می‌تواند وجود داشته باشد که در آن تمامی اتم‌های کربن از قاعده‌ی اوکتت پیروی می‌کنند و همچنین هر چهار اتم کربن در آن یکسان‌اند، اما علی‌رغم تلاش زیاد، این ترکیب در آزمایشگاه سنتز نشده است. ساختار این ترتیب را رسم کنید و در صورت امکان نام آن را بنویسید.

(د) چه تعداد ایزومر مونوکلرو برای هریک از ترکیبات زیر می‌تواند وجود داشته باشد؟

I. سیکلوبوتادی‌اِن

II. بوتاتری‌اِن

III. ترکیبی که جواب قسمت (ج) است.

(ه) چه تعداد ایزومر دی‌کلرو برای هریک از ترکیبات زیر محتمل است؟

I. سیکلوبوتادی‌اِن

II. بوتاتری‌اِن

III. ترکیبی که جواب قسمت (ج) است.

(و) بر اساس نقاط ذوب، چگونه می‌توان ایزومرهای دی‌کلروبوتاتری اِن را از یکدیگر جدا کرد؟

«آماده‌سازی استرالیا ـ ۱۹۹۸»

۲. ۶ ایزومر متفاوت با فرمول $C_4H_8O_2$ وجود دارد که هریک از آن‌ها شامل یک گروه $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-$ می‌باشد. در هنگام اضافه شدن به آب، دو ترکیب از این ۶ ترکیب انحلال‌پذیری بیشتری نسبت به ۴ ترکیب دیگر نشان می‌دهند.

(الف) فرمول ساختاری دو ترکیب انحلال‌پذیر در آب را رسم کرده و توضیح دهید که چرا این دو ترکیب انحلال‌پذیری بیشتری نسبت به چهار ترکیب دیگر دارند.

(ب) فرمول ساختاری دو ترکیب از چهار ترکیب با انحلال‌پذیری کمتر را رسم کرده و نام آیوپاک آن‌ها را نیز بنویسید.

(ج) واکنشی برای سنتز آزمایشگاهی یکی از این چهار ترکیب را نوشته و دو ترکیب آلی واکنش‌دهنده را نامگذاری کنید.

«آماده‌سازی استرالیا ـ ۱۹۹۸»

۳. ترکیب آلی X شامل ۶۵٫۲% جرمی کربن و ۸٫۷۵% جرمی هیدروژن بوده و هیچ عنصر دیگری به غیر از اکسیژن در ساختار آن وجود ندارد.

X دارای خصلت اسیدی بوده و ۴۳٫۷ میلی‌گرم از این ترکیب به طور کامل با ۲۳٫۷ میلی‌لیتر از محلول سدیم هیدروکسید ۰٫۰۱ مولار خنثی می‌شود.

تعیین شده است که وزن مولکولی X کمتر از ۲۰۰ g/mol بوده و هیچ حلقه‌ای در ساختار آن وجود

ندارد. فرمول ملکولی X را تعیین کنید. چه نوع گروه عاملی مسئول خصلت اسیدی در این ترکیب است؟

«المپیاد ملی آلمان ـ ۲۰۰۶»

٤. ترکیب آلی A شامل ۳ نوع اتم کربن، هیدروژن و اکسیژن می‌باشد. در اثر سوختن ۰٫۷۴۹ گرم از ترکیب A، ۱٫۱۲۴ گرم CO_2 و ۰٫۳۰۶ گرم H_2O بدست می‌آید. جرم مولکولی این ترکیب برابر ۱۷۶٫۱ گرم بر مول می‌باشد.

(الف) فرمول مولکولی این ترکیب را بدست آورید.

مطالعات طیف‌سنجی اطاعات زیر را در مورد ساختار ترکیب A بدست می‌دهد.

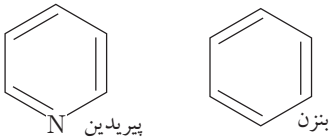
- ترکیب A دارای یک حلقوی پنج عضوی است.
- یک پل اکسیژن بین دو اتم کربن در ساختار حلقه وجود دارد.
- بین دو اتم کربن دیگر در حلقه، یک پیوند دوگانه وجود دارد.
- یک اتم اکسیژن با یک اتم کربن حلقه، پیوند دوگانه تشکیل داده است.
- ترکیب A شامل ۴ گروه هیدروکسیل متصل به اتم کربن می‌باشد.
- تنها دو گروه هیدروکسیل متصل به حلقه، با اتم‌های کربن پیوند دوگانه، تشکیل پیوند داده‌اند.
- خارج حلقه، دو اتم کربن متصل به هم وجود دارد.

(ب) ساختار ترکیب A را رسم کنید.

(ج) چه نوع ایزومری برای این ترکیب امکان‌پذیر است؟ (ایزومر ساختاری یا ایزومر هندسی و یا ایزومر نوری؟)

«المپیاد ملی آلمان ـ ۲۰۰۳»

۵. ترکیبات هتروسیکلیک، ترکیباتی حلقوی می‌باشند که حداقل یکی از اعضای حلقه، اتمی غیر از کربن، مانند نیتروژن یا اکسیژن است. پیریدین مثالی از این ترکیبات است:

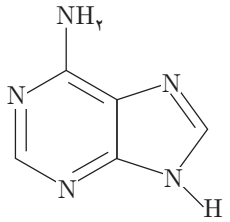


پیریدین یک حلقه‌ی شش عضوی مانند بنزن است که دارای یک اتم نیتروژن می‌باشد.

(الف) سه ایزومر برای ترکیبات مربوطه با دو اتم نیتروژن وجود دارد. ساختار آن‌ها را رسم کنید.

(ب) چه تعداد ایزومر برای ترکیباتی با سه اتم نیتروژن وجود دارد؟ ساختار آن‌ها را نیز رسم کنید.

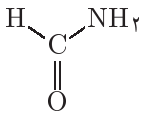
یکی از ترکیبات هتروسیکل مهم آدنین، با ساختار روبرو است:



(ج) فرمول مولکولی آدنین را بنویسید.

(د) آدنین می‌تواند از هیدروژن سیانید تشکیل شود. چه تعداد مولکول HCN برای تشکیل آدنین لازم است؟

(ه) آدنین همچنین می‌تواند با بازده بالا، از متامید (فرمآمید) نیز تشکیل شود:



محصول جانبی دیگر این واکنش، چه خواهد بود؟

(و) معادله‌ی موازنه شده‌ای برای واکنش تشکیل آدنین از متامید بنویسید.

«المپیاد ملی نیوزلند ـ ۲۰۰۹»

۶. آلکن‌ها در اثر محلول‌های پرمنگنات داغ، دچار اکسایش شده و به نمک‌های کربوکسیلک اسید شکسته می‌شوند.

$$\text{۲ـ بوتن} : \quad CH_3CH=CHCH_3 \xrightarrow[OH^-]{KMnO_4} 2CH_3COO^-$$

در اثر هیدروژن دار شدن آلکن A، آلکانی بدست می‌آید که شامل ۸۳٫۶۲% کربن است.

(الف) فرمول آلکن A را تعیین کنید.

فرض کنید که تنها یک پیوند دوگانه در ساختار آلکن وجود دارد.

(ب) ساختار یا ساختارهای ممکن برای آلکن A را رسم کنید، در صورتی که بدانیم در اثر واکنش آلکن با محلول پرمنگنات، بیش از یک نوع کربوکسیلیک تشکیل می‌شود.

(ج) چه ترکیباتی در اثر واکنش با پرمنگنات داغ، محصولات زیر را تولید خواهند کرد؟

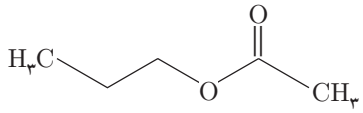
I. بوتانوآت ($C_3H_7COO^-$) و اتانوآت (CH_3COO^-)

II. تنها $^-OOCCH_2CH_2CH_2CH_2COO^-$

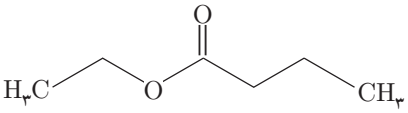
«المپیاد ملی نیوزلند ـ ۲۰۰۶»

۷. استرها (RCO_2R') ترکیبات فرار بامزه‌ی شیرین می‌باشند که از واکنش یک کربوکسیلیک اسید (RCO_2H) و یک الکل ($R'OH$) تشکیل می‌شوند.

(الف) ساختار اسید و الکل‌های سازنده‌ی طعم‌دهنده‌های زیر را رسم کنید.

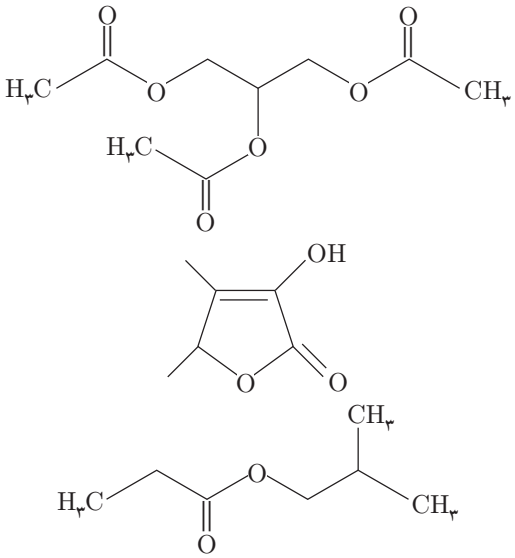


گلابی

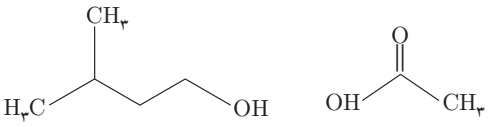


آناناس

(ب) استرها در اثر هیدرولیز به اسیدها و الکل‌های سازنده‌ی خود تبدیل می‌گردند. ساختار محصولات بدست آمده از هیدرولیز ترکیبات زیر را رسم کنید.

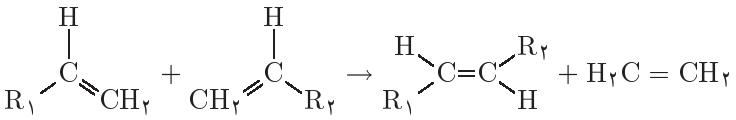


(ج) هیدرولیز یک استر دو ترکیب نشان داده شده در زیر را تولید می‌کند، ساختار استر را رسم کرده و نام آیوپاک آن را بنویسید.



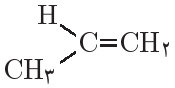
«المپیاد ملی نیوزلند ـ ۲۰۰۹»

۸. در اکتبر سال ۲۰۰۵، شیمی‌دان آمریکایی، "باب گرابس"، به خاطر انجام تحقیقات خود در مورد سنتز آلکن‌ها، موفق به کسب جایزه‌ی نوبل شیمی گردید. او کاتالیزگری پیدا کرد که واکنش عمومی نشان داده شده در زیر را با سرعت خوبی انجام می‌دهد:

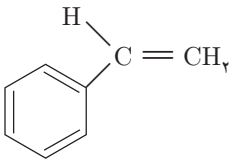


اگر این واکنش بر روی هر کدام از ترکیبات آلی نشان داده شده در زیر رخ دهد، چه محصولاتی به وجود می‌آید؟ فرمول ساختاری آن‌ها را رسم کنید:

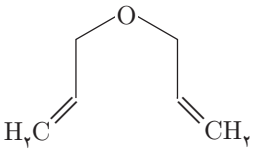
(الف)



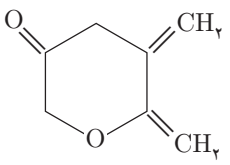
(ب)



(ج)

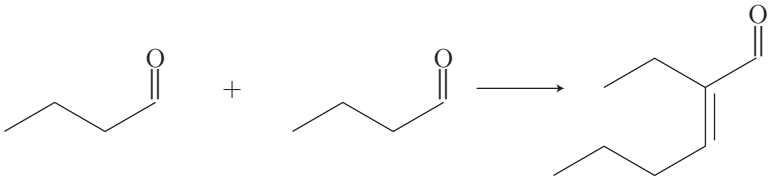


(د)



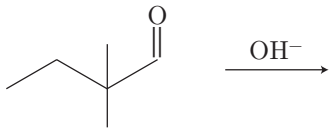
«المپیاد ملی نیوزلند ـ ۲۰۰۷»

۹. واکنش آلدول، واکنشی است که طبق فرمول زیر با حضور کاتالیزگر اسید یا باز انجام می‌شود:

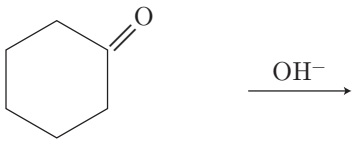


با توجه به مطلب فوق محصول (محصولات) واکنش‌های زیر را بنویسید.

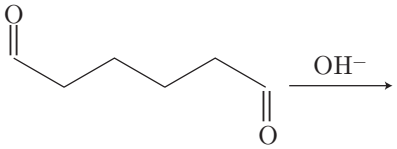
(الف)



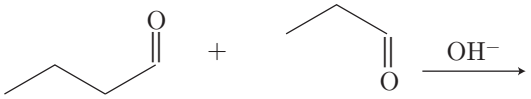
(ب)



(ج)



(د)



«المپیاد ملی نیوزلند ـ ۲۰۰۷»

۱۰. ترکیب A به فرمول $C_5H_{12}O$، در اثر واکنش با سولفوریک اسید غلیظ، دو ترکیب B و C را تولید می‌کند که هرکدام دارای فرمول مولکولی C_5H_{10} می‌باشند. هیچ یک از ترکیبات B یا C، ایزومری هندسی نشان نمی‌دهند. واکنش هرکدام از ترکیبات B و C با HBr تولید ترکیب مشابه D به فرمول مولکولی $C_5H_{11}Br$ می‌کند.

ترکیب دیگر E، ایزومر ساختاری A می‌باشد. از واکنش E با سولفوریک اسید غلیظ، دو ترکیب F و G با فرمول مولکولی C_5H_{10} بدست می‌آید. تنها ترکیب F ایزومری هندسی نشان می‌دهد. ساختار ترکیبات A تا G را رسم کنید.

«المپیاد ملی آلمان ـ ۲۰۰۸»

۲-۱ شیمی تجزیه

۱۱. یک مخلوط همگن خشک شامل ۳ نوع نمک می‌باشد: باریم کلرید، منیزیم کلرید و باریم نیترات. دو نمونه‌ی کاملاً مشابه ۵ گرمی از مخلوط را وزن می‌کنیم.
نمونه‌ی اول در آب مقطر حل و به آن مقدار اضافی از محلول رقیق سولفوریک اسید اضافه شد. رسوب ایجاد شده، جدا، شسته و خشک گردید. وزن آن ۳٫۹۲۷ gr بود. یون‌های باریم با یون‌های سولفات به صورت زیر واکنش می‌دهند:

$$Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow BaSO_4(s)$$

نمونه‌ی دوم در آب مقطر حل و حجم آن به ۲۵۰ cm^3 رسید. ۲۵ سانتی‌مترمکعب از محلول تهیه شده با ۲۱٫۲۴ سانتی‌متر مکعب از محلول ۰٫۲۳۱۲ مولار نقره نیترات به طور کامل واکنش داد. یون‌های نقره با یون‌های کلرید به صورت زیر واکنش می‌دهند:

$$Ag^+(aq) + Cl^- \rightarrow AgCl(s)$$

ترکیب درصد جرمی مخلوط را محاسبه کنید.

«المپیاد ملی نیوزلند ـ ۲۰۰۷»

۱۲. یک ترکیب شیمیایی شامل ۱۴٫۲۹% کربن، ۵۷٫۱۴% اکسیژن، ۱۰٫۱۹۰% هیدروژن و یک عنصر دیگر است که تعداد مول‌های آن عنصر برابر تعداد مول‌های کربن است.
فرمول شیمیایی این ترکیب را مشخص کنید.

«المپیاد ملی نیوزلند ـ ۲۰۰۷»

۱۳. ۴ بطری بدون برچسب شامل محلول‌های رقیق NaOH، Na_2CO_3، HCl و H_2SO_4 می‌باشند. روشی پیشنهاد کنید به طوری که بتوان به کمک آن و تنها به وسیله‌ی این ۴ محلول، پودر Mg و $Ba(NO_3)_2$، این محلول‌ها را شناسایی کرد. روش شما نبایستی بیش از ۴ مرحله داشته باشد. اضافه کردن یک محلول به هر کدام از بطری‌ها، یک مرحله محسوب می‌گردد. معادلات موازنه شده برای هر واکنش که رخ می‌دهد، بنویسید.

«المپیاد ملی نیوزلند ـ ۲۰۰۷»

۱۴. هنگامی که آمونیوم دی کرومات به تدریج به آمونیوم سیانات مذاب اضافه شود، "نمک راینک" تشکیل می‌شود. این نمک دارای فرمول $NH_4[Cr(SCN)_x(NH_3)_y]$ و ترکیب درصد جرمی زیر می‌باشد:

|Cr ۱۵٫۵%| |S ۳۸٫۱۵%| |N ۲۹٫۲%|

(الف) مقادیر x و y در فرمول بالا را بدست آورید.

(ب) عدد اکسایش کروم در ترکیب بالا چقدر است؟

«المپیاد ملی نیوزلند ـ ۲۰۰۶»

۱۵. هنگامی که آب سخت، شامل یون‌های Ca^{2+}، از درون یک زرین تبادلگر یونی عبور می‌کند، یون‌های Ca^{2+} به شکل زیر جایگزین یون‌های H^+ ستون می‌گردند:

$$2Re - H^+ + Ca^{2+} \rightarrow R - Ca^{2+} + 2H^+ \quad (Re \text{ نشانگر زرین است})$$

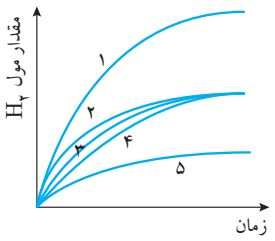
یون‌های HCO_3^- موجود در آب، بر طبق واکنش زیر، با یون‌های H^+ آزاد شده واکنش می‌دهند:

$$H^+ + HCO_3^- \rightarrow H_2CO_3$$

هنگامی که ۱۰۰ ml آب عبور داده شده از ستون، با محلول ۰٫۰۱ M NaOH تیتر می‌شود، ۵ ml از این محلول جهت رسیدن به نقطه‌ی پایانی، لازم خواهد بود. هنگامی که ۱۰۰ ml از نمونه‌ی اصلی با محلول ۰٫۰۱ M HCl تیتر می‌شود، ۱۰ ml از HCl برای رسیدن به نقطه‌ی پایانی مصرف می‌گردد. غلظت Ca^{2+} در نمونه‌ی آب را برحسب الف) $mol \cdot L^{-1}$ و ب) ppm (هم‌ارز با mg/L) محاسبه کنید.

«المپیاد ملی نیوزلند ـ ۲۰۰۷»

۱۶. منحنی‌های نشان داده شده در شکل زیر، از واکنش مقدار اضافی روی با محلول‌های هیدروکلریک اسید داده شده در زیر، بدست آمده‌اند. این منحنی‌ها براساس اندازه‌گیری مقدار حجم گاز H_2 آزاد شده، ترسیم شده‌اند: هر کدام از منحنی‌ها را به آزمایش مربوطه اختصاص دهید. در هر مورد علت را توضیح دهید.



۵۰ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید ۰٫۱ M در دمای ۲۵° C

۵۰ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید ۰٫۲ M در دمای ۲۵° C

۱۰۰ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید ۰٫۱ M در دمای ۱۵° C

۱۰۰ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید ۰٫۲ M در دمای ۲۵° C

۱۰۰ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید ۰٫۱ M در حضور کاتالیزگر در دمای ۲۵° C

«المپیاد ملی نیوزلند ـ ۲۰۰۷»

۱۷. خمیردندان «فلوئوردار» شامل سدیم فلوئورو فسفات و سدیم فلوئورید می‌باشد. مقدارکل فلوئور (۰٫۱% جرمی) یک خمیردندان مشخص، متشکل از ۰٫۰۵% از هریک از ترکیبات است.

(الف) نسبت جرمی این دو ترکیب را محاسبه کنید.

(ب) یک ساختار سه بعدی از یون فلوئورو فسفات رسم کنید.

(ج) به کمک مدل VSEPR، یک ساختار سه بعدی برای هریک از ترکیبات XeF_4، XeO_4، SF_4، XeF_2 و $SnCl_2$ رسم کنید.

«المپیاد ملی آلمان ـ ۲۰۰۵»

۱۸. ترموگراویمتری روشی برای تعیین ترکیب درصد مواد جامدی است که در اثر حرارت تجزیه می‌گردند. مخلوطی از کلسیم اکسالات و منیزیم اکسالات تا $900^\circ C$ حرارت داده شد. در طی این فرآید جرم مخلوط به طور مرتب اندازه‌گیری گردید. مشخص شده است که دو واکنش تجزیه‌ای در حدود $400^\circ C$ اتفاق می‌افتد:

$$MgC_2O_4(s) \rightleftharpoons MgO(s) + CO(g) + CO_2(g)$$
$$CaC_2O_4(s) \rightleftharpoons CaCO_3(s) + CO(g)$$

در $700^\circ C$، واکنش تجزیه‌ای سوم نیز اتفاق می‌افتد:

(الف) معادله‌ای برای واکنش تجزیه‌ی سوم بنویسید.

در $500^\circ C$ جرم نمونه برابر $3{,}06\ gr$ و در $900^\circ C$ برابر $2{,}03\ gr$ می‌باشد.

(ب) ترکیب درصد نمونه‌ی اولیه، قبل از انجام حرارت، را محاسبه کنید.

گاهی روش وزن‌سنجی منجر به کشف ترکیبات جدیدی می‌گردد. برای مثال در ترموگراویمتری بوریک اسید وجود ترکیب X مشخص گردید. فرآیند حرارت دادن H_3BO_3 طی مرحله کاهش جرم جسم جامد انجام گرفت.

معادلات موازنه شده نیستند و نتایج آزمایش به شرح زیر است:

$$H_3BO_3(s) \longrightarrow X(s) + H_2O(g)$$
$$X(s) \longrightarrow B_2O_3(s) + H_2O(g)$$

دما ($^\circ C$)	۴۰	۱۰۰	۲۵۰
جرم (g)	۶٫۲	۴٫۴	۳٫۵

(ج) فرمول تجربی X را به دست آورید.

«المپیاد ملی آلمان ـ ۲۰۰۵»

۱۹. I_2O_5، پودر کریستالی سفیدی است که خاصیت مفید آن، واکنش کمی با کربن مونوکسید می‌باشد که موجب تولید ید و یک ترکیب دیگر می‌شود.

(الف) معادله‌ای برای واکنش بین I_2O_5 و کربن مونوکسید پیشنهاد کنید.

یک نمونه‌ی گازی به حجم $۱۵۰\ cm^۳$ (در دما و فشار اتاق) که شامل کربن مونوکسید می‌باشد، به طور مکرر از روی مقدار اضافی $I_۲O_۵$ در دمای $۱۷۰^\circ C$ عبور داده می‌شود. $I_۲O_۵$ در اثر تشکیل ید، رنگی می‌گردد. ید آزاد شده، دقیقاً به ۸ میلی‌لیتر محلول ۰/۱ مولار سدیم تیوسولفات نیازمند است تا به طور کامل با آن واکنش دهد. این واکنش به صورت زیر می‌باشد:

$$I_۲(aq) + ۲Na_۲S_۲O_۳(aq) \rightarrow ۲NaI(aq) + Na_۲S_۴O_۶(aq)$$

(ب) درصد حجمی کربن مونوکسید حاضر در نمونه‌ی گازی را محاسبه کنید. (فرض کنید که ۱ مول از هر گازی حجمی معادل ۲۴ Lit را در دما و فشار اتاق اشغال می‌کند)

$I_۲O_۵$ به سرعت آب جذب کرده و گاهی به شکل آب‌دار تبدیل می‌شود. $(H_xI_yO_Z)$. اگر این ترکیب تا $۲۰۰^\circ C$ حرارت داده شود، ۱/۷۶۶٪ از جرم خود را از دست داده و تشکیل $I_۲O_۵$ خالص می‌کند.

(ج) فرمول تجربی شکل ناخالص را بدست آورده و معادله‌ای برای واکنش آبزدایی آن بنویسید.

$I_۲O_۵$ یک نوع اسید انیدرید می‌باشد که با مقدار اضافی آب واکنش داده و تولید اسید می‌کند. واکنش زیر، واکنش اتانوییک انیدرید و آب برای تولید اتانوییک اسید است.

$$CH_۳-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_۳ + H_۲O \rightarrow CH_۳-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$$

(د) فرمولی برای اسید مربوطه‌ی $I_۲O_۵$ پیشنهاد کرده و معادله‌ی تشکیل آن از $I_۲O_۵$ را بنویسید حالت اکسایش ید در $I_۲O_۵$ چیست؟

(ه) ساختاری برای اسید مادر و در نتیجه ساختاری برای $I_۲O_۵$ پیشنهاد کنید.

(و) اسید مادر $I_۲O_۵$ می‌تواند از واکنش ید، کلر و آب نیز تشکیل شود. برای این واکنش معادله‌ی موازنه شده‌ای پیشنهاد کنید.

«المپیاد ملی انگلیس ـ ۲۰۰۵»

۲۰. ساده‌ترین کربوکسیلیک اسید، متانوییک اسید با فرمول $HCOOH$ می‌باشد. این اسید به صورت طبیعی در مورچه‌ها یافت می‌شود و از طریق تقطیر آن‌ها تهیه می‌گردد!

به همین دلیل نام لاتین فورمیک اسید برای متانوییک اسید، برگرفته از واژه‌ی فرمیکا به معنای مورچه می‌باشد. یک مورچه در هنگام نیش زدن، محلولی با ۵۰٪ حجمی متانوییک اسید تزریق می‌کند. یک مورچهٔ معمولی می‌تواند در حدود $۶ \times ۱۰^{-۳}\ cm^۳$ از این محلول تزریق کند.

(الف) هنگامی که یک مورچه شما را نیش می‌زند، تمام متانوییک اسید خود را تزریق نمی‌کند، بلکه مقداری از آن را نگه می‌دارد. با فرض این که مورچه ۸۰٪ از متانوییک اسید خود را تزریق کند، حجم کل متانوییک اسید خالص در یک مورچه‌ی معمولی را حساب کنید.

چه تعداد مورچه معمولی بایستی نقطیر شود تا معادل ۱ Lit از متانوییک اسید خالص تولید گردد؟ سدیم هیدروژن کربنات اغلب برای مقابله با زخم نیش مورچه‌ها استفاده می‌گردد.

(ب) معادله‌ای برای واکنش سدیم هیدروژن کربنات با متانوییک اسید بنویسید.

با فرض این که چگالی متانوییک اسید، $۱٫۲\,g\cdot cm^{-۳}$ باشد، یک مورچه‌ی معمولی چند مول متانوییک اسید تولید می‌کند؟

چه جرمی از سدیم هیدروژن کربنات لازم است تا به طورکامل زخم نیش این مورچه را خنثی کند؟

(ج) به محض این‌که متانوییک اسید تزریق شود، به سرعت در آب بدن حل شده و تولید محلول متانوییک اسید می‌کند. با فرض این‌که این اسید، به سرعت در $۱\,cm^{۳}$ از آب بدن حل شود، غلظت محلول متانوییک اسید تولید شده را حساب کنید. (می‌توانید از حجم خود متانوییک اسید در حین محاسبه صرف‌نظر کنید)

pH یک محلول به صورت زیر به غلظت یون‌های $[H^+]$ در آن محلول مرتبط می‌شود:

$$pH = -\log[H^+]$$

که در آن $[H^+]$، غلظت یون‌های هیدروژن در محلول بر حسب مول بر لیتر است.

متانوییک اسید، اسیدی ضعیف بوده و در نتیجه به صورت جزئی در آب تفکیک می‌شود.

(د) pH محلول متانوییک اسید تولید شده در بالا، ۲٫۴۳ می‌باشد، غلظت یون‌های هیدروژن در این محلول چقدر است؟

(ه) درصد مولکول‌های متانوییک اسید یونیزه شده در این محلول را محاسبه کنید.

ثابت یونش اسید، معیاری از چگونگی یونیزه شدن یک اسید ضعیف است. برای متانوییک اسید، این ثابت به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$K_a = \frac{[HCOO^-][H^+]}{[HCOOH]}$$

(و) ثابت تفکیک اسیدی برای متانوییک اسید را محاسبه کنید.

«المپیاد ملی انگلیس ـ ۲۰۰۵»

۲۱. نشاسته‌ی تجاری از ذرت ساخته می‌شود. در مراحل پایانی این فرآیند، نشاسته‌ی شامل ۴۴٪ آب می‌باشد. بعد از خشک شدن، ۷۳٪ از آب اولیه خارج می‌شود. محصول بدست آمده به صورت نشاسته‌ی سفید فروخته می‌شود.

(الف) وزن آب خارج شده به ازای یک کیلوگرم از نشاسته‌ی مرطوب را محاسبه کنید.

(ب) ترکیب درصد نشاسته‌ی سفید را تعیین کنید.

۲۲. یک راه برای باد کردن کیسه‌های هوا در ماشین‌ها به وسیله‌ی گاز نیتروژن است که به صورت شیمیایی سدیم آزید بدست می‌آید:

$$2NaN_3(s) \rightarrow 2Na(s) + 3N_2(g)$$

سدیم تشکیل شده با پتاسیم نیترات برای تولید نیتروژن بیشتر، واکنش می‌دهد:

$$10\,Na(s) + 2KNO_3(s) \rightarrow K_2O(s) + 5Na_2O(s) + N_2(g)$$

(الف) سدیم آزید و پتاسیم نیترات با چه نسبت جرمی مخلوط شوند تا این‌که بعد از واکنش هیچ فلز سدیمی باقی نماند؟

(ب) جرم کل مخلوط جامد برای پرکردن ۶۰ لیتر کیسه‌ی هوا در دما اتاق و فشار اتمسفری را حساب کنید.

سدیم آزید به صورت تجاری از واکنش دی نیتروژن مونوکسید و سدیم آمید تهیه می‌شود:

$$N_2O(g) + 2NaNH_2(s) \rightarrow NaN_3(s) + NaOH(s) + NH_3(g) \quad \Delta H_r = +55{,}8\ kJ/\ mol$$

(ج) ساختار لوویس دی نیتروژن مونوکسید و آنیون آزید رسم کنید.

(د) به کمک اطلاعات زیر، ΔH واکنش را برای واکنش الف در بالا (تجزیه‌ی سدیم زید) حساب کنید.

ترکیب	$\Delta H_f / \text{ kJ mol}^{-1}$
$N_2O(g)$	$+82$
$NaNH_2(s)$	$-123{,}7$
$NaOH(s)$	$-425{,}2$
$NH_3(g)$	$-46{,}1$

دمای اتاق: $298\,K$ فشار اتمسفر: $101325\,Pa$

$R = 8{,}314\,J.K^{-1}.mol^{-1}$

حجم مولی یک گاز ایده‌آل در دمای ۲۹۸ کلوین برابر ۲۴ لیتر می‌باشد.

«المپیاد ملی انگلیس ـ ۲۰۰۵»

۲۳. $8\,gr$ از هیدروکسید یک فلز نامعلوم با فرمول شیمیایی $Me(OH)_2$ به یک لیتر آب اضافه گردید. پس از انحلال جزئی $6{,}52\,gr$ جامد حل نشده باقی می‌ماند. در اثر افزودن $51{,}66\,gr$ از $Me(NO_3)_2$ به این سیستم، جرم فاز جامد به ۷٫۶۳ گرم افزایش یافت. فلز را شناسایی کنید. (فرض کنید حجم محلول ثابت می‌ماند و مواد حل شده به طور کامل تفکیک می‌شوند)

«المپیاد ملی انگلیس ـ ۲۰۰۵»

۲۴. واکنش‌های شیمیایی معینی می‌توانند ما را از مرگ یا آسیب جدی محافظت کنند. واکنش‌های شیمیایی زیر، برای تولید مقدار زیادی گاز نیتروژن درون کیسه‌ی هوای یک اتومبیل استفاده می‌شود:

$$(۱)\ ۲NaN_۳ \rightarrow ۲Na + ۳N_۲(g)$$

$$(۲)\ ۱۰Na + ۲KNO_۳ \rightarrow K_۲O + ۵Na_۲O + N_۲(g)$$

$$(۳)\ K_۲O + Na_۲O + SiO_۲ \rightarrow \text{سیلیکای قلیایی (شیشه)}$$

(الف) ساختار لوئیس آنیون آزید و مولکول نیتروژن را بنویسید.

(ب) چند گرم سدیم آزید و پتاسیم نیترات نیاز است تا مقدار کافی نیتروژن برای پر کردن یک کیسه‌ی هوای ۱۵ لیتری در $۵۰^\circ C$ و $۱٫۲۵\ atm$ به دست آید؟

(ج) یک معادله موازنه شده برای واکنش سدیم آزید با سولفوریک اسید برای تشکیل $HN_۳$ و سدیم سولفات بنویسید.

(د) وقتی ۶۰ گرم سدیم آزید با ۱۰۰ ml سولفوریک اسید ۳ مولار واکنش می‌دهد، چند گرم $NH_۳$ تشکیل می‌شود؟ «آماده‌سازی کره جنوبی ـ ۲۰۰۶»

۲۵. سرب یدید، رسوب زردی است که از واکنش $Pb(NO_۳)_۲$ و KI در محلول آبی به وجود می‌آید. در یک سری از آزمایش‌ها، جرم واکنش‌گرها $(Pb(NO_۳)_۲, KI)$ تغییر می‌کند اما مجموع جرم آن‌ها برابر با ۵ g ثابت نگاه داشته شده سرب یدید تشکیل شده به وسیله کاغذ صافی از محلول جدا شد و خشک شد.

معادله‌ی موازنه شده‌ی واکنش را بنویسید و با استفاده از آن بیشینه‌ی جرم $PbI_۲$ و جرم $Pb(NO_۳)_۲$ متناظر با آن را حساب کنید. «آماده‌سازی یونان ـ ۲۰۰۳»

۲۶. اژدهاها، می‌توانند از دهانشان آتش بدمند. به این علت که باکتری‌های انگلی که در مجاری تنفسی آن‌ها زندگی می‌کنند گازهای قابل اشتعال تولید می‌کنند. اگر یک اژدها با سرعت، تنفس خود را بیرون دهد گاز به علت اصطکاک با دیواره‌های سخت حنجره مشتعل می‌شود. گونه‌های مختلفی از اژدها وجود دارد که هر کدام میزبان گونه‌های مختلف باکتری‌های انگل هستند. گاز بازدم اژدهای سیاه شامل $۲۵\%\ H_۲$ است، گاز بازدم اژدهای قرمز شامل $۳۰\%\ CH_۴$ است و گاز بازدم اژدهای طلایی شامل $۲۰\%\ H_۲S$ می‌باشد همچنین گاز بازدم همه‌ی اژدهاها ۱۵% مولی $O_۲$ دارد. میانگین حجم شش‌های اژدها $۵٫۱ dm^۳$ است و به علت فشار بالای بازدم اژدها، حجم مولی گاز ذخیره شده در شش آن‌ها $۱۵\ dm^۳/mol$ است.

آنتالپی سوختن $H_۲ : -۲۴۰\ kJ/mol$ $\qquad CH_۴ = -۸۰۰\ kJ/mol$

$H_۲S : -۵۲۰\ kJ/mol$

(الف) مقدار کل گاز داخل شش یک اژدها را حساب کنید.

(ب) مقدار اکسیژن داخل شش یک اژدها را حساب کنید.

(ج) معادلاتی برای واکنش سوختن گاز بازدم هریک از سه اژدها بنویسید.

(د) مقدار اکسیژن اضافی مورد نیاز برای سوختن کامل گاز بازدم هریک از سه اژدها را حساب کنید.

(ه) مقدار انرژی آزاد شده در سوختن یک بازدم هریک از سه اژدها را حساب کنید.

«المپیاد ملی انگلستان ـ ۲۰۰۰»

۲۷. نمونه‌ای از کلسیم کلرید خشک بدون آب در یک ظرف بسته‌ی نامناسب نگهداری شده است. در نتیجه این نمونه مجدداً آب‌دار شده است. یک نمونه‌ی ۱۵۰ گرمی از این ماده به طور کامل در ۸۰ گرم آب داغ حل شد و سپس این محلول تا $20^\circ C$ خنک گردید و در نتیجه ۷۴٫۹ گرم از $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ رسوب کرد. انحلال‌پذیری کلسیم کلرید در $20^\circ C$ برابر آب $74.5\ g CaCl_2 / 100\ g$ است. محتوای آب کلسیم کلرید در نمونه‌ی ۱۵۰ گرمی را محاسبه کنید (تعداد مول آب به ازای یک مول از $CaCl_2$)

«المپیاد ملی آلمان ـ ۲۰۰۰»

۲۸. متانول مایع بطری $500\ ml$ ریخته شده و به شدت هم زده می‌شود تا هوای بطری از بخار متانول اشباع گردد. متانول اضافی بیرون ریخته شده و پس از محکم کردن بطری، مخلوط آتش زده می‌شود.

(الف) معادله‌ی موازنه شده‌ای برای این واکنش بنویسید.

(ب) مقدار ΔH واکنش قسمت (الف) را محاسبه کنید. (مقادیر ΔH_f در انتهای سوال) فرض کنید که دما برابر $25^\circ C$ و فشار برابر $1.1 \times 10^5\ Pa$ می‌باشد. فشار بخار متانول در $25^\circ C$ برابر 0.165×10^5 پاسکال و هوا شامل ۲۰٪ اکسیژن و ۸۰٪ نیتروژن می‌باشد.

(ج) واکنشگر محدود کننده بطری $500\ ml$ را مشخص کنید.

(د) مقدار گرمای آزاد شده در اثر واکنش در بطری $500\ ml$ را محاسبه کنید.

(ه) نشان دهید که بعد از انجام واکنش یک مقدار کمی برابر با $n_{tot} = 23.44 \times 10^{-3}\ mol$ از مواد در بطری موجود است.

(و) فرض کنید که $500\ J$ از گرمای تولید شده در اثر احتراق، صرف گرم کردن گاز می‌شود. دمای گاز داخل بطری را محاسبه کنید. فشار مربوط به این دما چقدر است؟

ماده	$CH_3OH(g)$	$CO_2(g)$	$H_2O(g)$
$\Delta H_f (kJ/mol)$	-201.5	-393.5	-241.5

چگالی مخلوط پس از احتراق برابر $1.3\ g/L$ و ظرفیت گرمایی مخلوط برابر $1.01\ J/g.K$ است.

«المپیاد ملی آلمان ـ ۲۰۰۷»

۲۹. در اثر اضافه شدن سدیم هیدروکسید به محلول مس (II) سولفات، رسوب $Cu_m(OH)_n(SO_4)_p$ تشکیل می‌شود. برای رسوب کردن کامل یون‌های مس در ۲۵ میلی‌لیتر از محلول مس (II) سولفات ۰٫۱ مولار، ۱۸٫۷۵ میلی‌لیتر از محلول سدیم هیدروکسید ۰٫۲ مولار مورد نیاز است.

(الف) نسبت مولی Cu^{2+}/OH^- در رسوب چقدر است؟

(ب) فرمول ترکیب $Cu_m(OH)_n(SO_4)_p$ را محاسبه کنید و معادله‌ی این واکنش شیمیایی را بنویسید.

«المپیاد ملی اکراین ـ ۱۹۹۹»

۳۰. کروم یکی از عناصر فراوان در پوسته‌ی زمین می‌باشد که به صورت کرومیت معدنی، $FeCr_2O_4$، در معدن یافت می‌شود. برای تهیه‌ی کروم خالص، آهن بایستی طی دو مرحله‌ی برشته کردن و صاف کردن، از سنگ معدن جدا گردد:

$$4FeCr_2O_4(s) + 8Na_2CO_3(s) + 7O_2(g) \rightarrow 8Na_2CrO_4(s) + 2Fe_2O_3(s) + 8CO_2(g)$$

$$2Na_2CrO_4(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow Na_2Cr_2O_7(s) + Na_2SO_4(aq) + H_2O(l)$$

دی کرومات به وسیله‌ی کاهش از طریق کربن، به کروم (III) اکسید تبدیل شده و سپس در طی واکنش با آلومینیوم به کروم تبدیل می‌گردد:

$$Na_2Cr_2O_7(s) + 2C(s) \rightarrow Cr_2O_3(s) + Na_2CO_3(s) + CO(g)$$

$$Cr_2O_3(s) + 2Al(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 2Cr(s)$$

(الف) جرم کرومی را که می‌تواند به صورت نظری از ۲٫۱ تن از سنگ معدن بدست آید، حساب کنید. سنگ معدن شامل $FeCr_2O_4$ ۷۲٪ می‌باشد.

(ب) نمونه‌ای از استیل برای تعیین مقدار Mn و Cr در آن، مورد تجزیه قرار گرفت. یک نمونه‌ی ۵ گرمی از استیل به MnO_4^- و $Cr_2O_7^{2-}$ اکسید شد. طی این مرحله، حجم محلول به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید. یک قسمت ۵۰ میلی‌لیتری از این محلول با باریم کلرید اضافه گردید و پس از تنظیم pH، کروم به‌طور کامل به صورت ۵٫۸۲ گرم $BaCrO_4$ ته‌نشین شد. نمونه‌ی ۵۰ ml دوم برای تیتراسیون در محلول اسیدی، دقیقاً ۴۳٫۵ میلی‌لیتر از محلول ۱٫۶ M Fe^{2+} نیاز دارد. معادله‌های موازنه نشده برای واکنش‌های تیتراسیون در زیر داده شده است.

$$MnO_4^-(aq) + Fe^{2+}(aq) + H^+(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + Fe^{3+}(aq)$$

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + Fe^{2+}(aq) + H^+(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + Fe^{3+}(aq)$$

I. معادله‌های تیتراسیون را موازنه کنید.

II. درصد Mn و Cr در نمونه‌ی استیل را تعیین کنید.

«آماده‌سازی ترکیه ـ ۲۰۱۱»

۳۱. آهک خشک (CaO) در صنعت از حرارت دادن کلسیم کربنات در دمای $900^\circ C - 1000^\circ C$ تهیه می‌گردد.

(الف) معادله‌ی شیمیایی برای این واکنش را بنویسید.

ثابت تعادل واکنش برابر $K = 1/34$ می‌باشد (در دمای $920^\circ C$). واکنش در ظرفی با فشار ثابت $1/5 \times 10^5$ پاسکال انجام می‌شود.

(ب) فشار جزئی کربن دی‌اکسید در حالت تعادل با هر دو ماده‌ی جامد در دمای $920^\circ C$ را حساب کنید.

(ج) معادله‌ی شیمیایی این واکنش را بنویسید.

کلسیم هیدروکسید به صورت جزئی در آب انحلال‌پذیر است. با انحلال‌پذیری برابر با $1/26\ g/L$ در $20^\circ C$.

(د) غلظت یون‌های کلسیم و pH محلول اشباع از کلسیم هیدروکسید را در دمای $20^\circ C$ بدست آورید. در اثر عبور کربن دی‌اکسید از محلول کلسیم هیدروکسید، در ابتدا رسوبی تشکیل می‌شود.

(ه) معادله‌ی موازنه شده برای تمام واکنش‌های انجام شده در این فرآیند را بنویسید.

هنگامی که کربن دی‌اکسید از محلول کلسیم کلرید عبور داده شود، هیچ رسوبی ته‌نشین نمی‌شود.

(و) علت را توضیح دهید.

توضیح: $pH = -\log C_{H^+}$، غلظت مولار $C_{H^+} = H^+$ و در شرایط معمولی:

$C_{H^+} \cdot C_{OH^-} = 10^{-14}$ و برای واکنش تجزیه‌ی کلسیم کربنات ثابت تعادل برابر است با:

$$K = P_{CO_2}$$

«المپیاد ملی آلمان ـ ۲۰۰۳»

۳۲. در یک محفظه، ۸ شمع ساخته شده از استئاریک اسید، هریک به وزن ۵۸ گرم وجود دارد. محفظه شامل $19/0\ m^3$ هوامی‌باشد. جدول زیر ترکیب درصد حجمی اولیه برای هوای داخل محفظه را نشان می‌دهد. دما و فشار اولیه به ترتیب برابر $21^\circ C$ و $98/0\ kPa$ می‌بشد.

شمع‌ها در محفظه، بدون هیچ‌گونه مبالهی گاز بامحیط اطراف می‌سوزند.

آرگون	نیتروژن	اکسیژن
۰/۹۰	۷۸/۱	۲۱/۰

استئاریک اسید $C_{17}H_{35}COOH$

(الف) معادله‌ی موازنه شده‌ای برای سوختن کامل شمع‌های ساخته شده از استئاریک اسید بنویسید.

(ب) ترکیب درصد حجمی اکسیژن و کربن دی‌اکسید را بعد از عمل سوختن محاسبه کنید.

«المپیاد ملی آلمان ـ ۲۰۰۳»

۳-۱ شیمی فیزیک

۳۳. آمونیاک یک ماده‌ی شیمیایی مهم است که برای تولید کود اوره و بسیاری محصوصلات دیگر استفاده می‌شود. در تولید آمونیاک از تعادل زیر استفاده می‌شود:

$$N_۲ + ۳H_۲ \rightleftharpoons ۲NH_۳$$

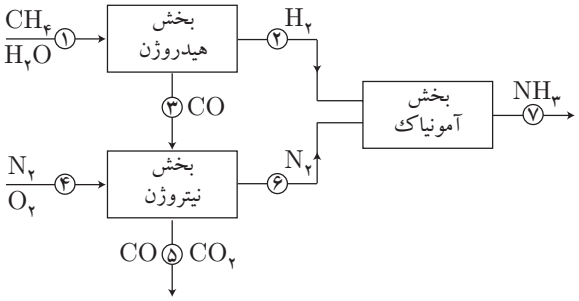
هیدروژن مورد استفاده در این واکنش از واکنش متان با آب به دست می‌آید:

$$CH_۴ + H_۲O \rightarrow CO + ۳H_۲$$

نیتروژن مورد استفاده از هوا گرفته می‌شود، اکسیژن هوا در واکنش با CO مصرف می‌شود :

$$O_۲ + CO \rightarrow ۲CO_۲$$

درصد نیتروژن در هوا ۸۰٪ است. واکنش‌ها در حضور کاتالیست انجام می‌شوند که نمودار زیر نشان‌دهنده‌ی آن است هر لوله با شماره نشان داده شده است.



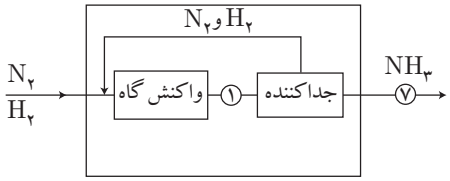
فرض کنید که تمام واکنش‌ها کامل هستند و جریان آمونیاک در لوله‌ی شماره ۸ به قرار زیر است:

$$n[NH_۳, ۸] = ۱۰۰۰\ mol\,s^{-۱}$$

(الف) جریان‌های زیر را برحسب واحد $mol\,s^{-۱}$ حساب کنید.

$$n[H_۲, ۲],\ n[N_۲, ۶],\ n[CH_۴, ۱],\ n[H_۲O, ۱]$$
$$n[CO, ۳],\ n[O_۲, ۴],\ n[CO, ۵]$$

در واقع تشکیل آمونیاک یک واکنش تعادلی است و فقط قسمتی از واکنش‌گرها تبدیل به آمونیاک می‌شوند. بنابراین قسمت آمونیاک باید شامل یک جداکننده و یک جریان بازیافت باشد:



فرض کنید که مقدار $N_2 + H_2$ که جداکننده را ترک می‌کند دو برابر جریان NH_3 باشد.

(ب) جریان N_2 و H_2 را در محل ۷ حساب کنید.

در دمای $T = 800\ K$ انرژی گیبس گازها از قرار زیرند:

$$G(N_2) = -8/3 \times 10^3\ J.mol^{-1}$$

$$G(H_2) = -8/3 \times 10^3\ J.mol^{-1}$$

$$G(NH_3) = 24/4 \times 10^3\ J.mol^{-1}$$

(ج) تغییر انرژی گیبس را برای واکنش تولید آمونیاک حاصل از یک مول N_2 حساب کنید.

(د) مقدار ثابت تعادل را برای واکنش تولید آمونیاک حساب کنید.

ثابت‌های تعادل همچنین می‌توانند به وسیله‌ی فشار جزئی واکنش‌گرها تعریف شوند:

$$K_r = \frac{P_{NH_3}^2 P_\circ^2}{P_{N_2} P_{H_2}^3}$$

فشار جزئی آمونیاک در محل ۷ جزئی از فشار کل است:

$$P_{NH_3} = X P_{tot}$$

که X این‌گونه تعریف می‌شود: $X = n_{NH_3}/n_{tot}$

(ه) معادله‌ای برای فشار جزئی نیتروژن و هیدروژن، P_{N_2} و P_{H_2} در محل ۷ به دست بیاورید و X را با این فرض‌ها به دست بیاورید: $P_\circ = 0/1\ mPa$ و $P_{tot} = 30\ mPa$

«آماده‌سازی هلند ـ ۲۰۰۲»

۳۴.

آنتالپی اتمی شدن Ca	$= +178$	آنتالپی تشکیل CaO	$= -635$
آنتالپی اتمی شدن Fe	$= +416$	آنتالپی تشکیل FeO	$= -278$
آنتالپی یونیزاسیون دوم Ca	$= +1145$	آنتالپی یونیزاسیون اول Ca	$= +590$
آنتالپی یونیزاسیون دوم Fe	$= +1561$	آنتالپی یونیزاسیون اول Fe	$= +759$
		آنتالپی استاندارد اتمی شدن O_2 به اتم‌های O	$= +249$
		مجموع الکترون خواهی اول و دوم اتم‌های اکسیژن	$= +657$

تمام انرژی‌ها برحسب کیلو ژول بر مول می‌باشند.

۱) به کمک اطلاعات بالا، انرژی شبکه برای آهن (II) اکسید و کلسیم اکسید را محاسبه کنید.

۲) کدام اکسید فلزی، شبکه‌ی قوی‌تر دارد؟

۳) تغییر آنتالپی برای واکنش زیر را محاسبه کنید:

$$FeO(s) + Ca(s) \rightarrow CaO(s) + Fe(s)$$

۴) توضیح دهید که آیا این واکنش می‌تواند در مقیاس صنعتی مورد استفاده قرار بگیرد یا خیر.

آهن (II) اکسید در اثر گرم کردن در مجاورت اکسیژن، می‌تواند به سرعت به آهن (III) اکسید تبدیل شود. در حالی که کلسیم (III) اکسید هیچ‌گاه تشکیل نمی‌شود.

۵) توضیح دهید که چرا دو اکسید فلزی، آهن (II) اکسید و کلسیم اکسید، رفتار متفاوتی دارند؟

«المپیاد ملی انگلیس ـ ۲۰۰۲»

۳۵. فرمول شیمیایی میانگین برای سوخت دیزل $C_{۱۲}H_{۲۶}$ است. آنتالپی سوختن برای دودکان ($C_{۱۲}H_{۲۶}$) برابر $-۸۰۷۲\ kJ/mol$ و چگالی آن برابر ۰٫۷۴۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

(الف) معادله‌ی موازنه شده‌ای برای سوختن دودکان بنویسید.

(ب) چگالی انرژی برای دودکان را به صورت kJ گرمای آزاد شده از سوختن یک لیتر ماده‌ی سوختنی، بدست آورید.

«المپیاد ملی انگلیس ـ ۲۰۰۲»

۳۶. در اوریل سال ۱۹۴۷، ۲۳۰۰ تن آمریکایی آمونیوم نیترات (با حجمی در حدود $۱۳۵۰\ m^۳$)، در یک قایق در شهر تگزاس آمریکا منفجر شد. وامنش تجزیه‌ی آمونیوم نیترات به شرح زیر است:

$$NH_۴NO_۳(s) \rightarrow N_۲(g) + ۲H_۲O(g) + \frac{۱}{۲}O_۲(g)$$

حجم گاز تشکیل شده در اثر انفجار را در دمای $۲۵^\circ C$ و فشار $۱۰۰\ kPa$ محاسبه کنید.

فرض کنید که آمونیوم نیترات موجود در قایق ۱۰۰٪ خالص باشد.

(در دمای $۲۵^\circ C$ و فشار $۱۰۰\ kpa$، یک مول گاز حجمی برابر $۰٫۰۲۴۷۹\ m^۳$ اشغال می‌کند.)

$$M_{(NH_۴NO_۳)} = ۸۰\ g \cdot mol^{-۱} \qquad ۱\ \text{تن آمریکایی} = ۱۰۱۶٫۰۵\ kg$$

«المپیاد ملی نیوزلند ـ ۲۰۰۹»

۳۷. میوگلوبین (Mb) یک پروتوئین است که دارای گروه هم (آهن) است. میوگلوبین آنزیمی است که توسط آن اکسیژن ذخیره می‌شود. هر گروه میوگلوبین به صورت برگشت‌پذیر با یک مولکول اکسیژن پیوند برقرار کند:

$$Mb + O_۲ \rightleftharpoons MbO_۲$$

این ذخیره‌ی اکسیژن برای حیواناتی چون وال‌هاکه مدت زیادی زیر سطح آب می‌مانند بسیار مهم است.

کسری از Mb که به O_2 چسبیده است با زیاد شدن غلظت O_2 زیاد می‌شود:

$$Y = \frac{C_{O_2}}{C_{O_2} + K_C}$$

که K_C یک ثابت است.

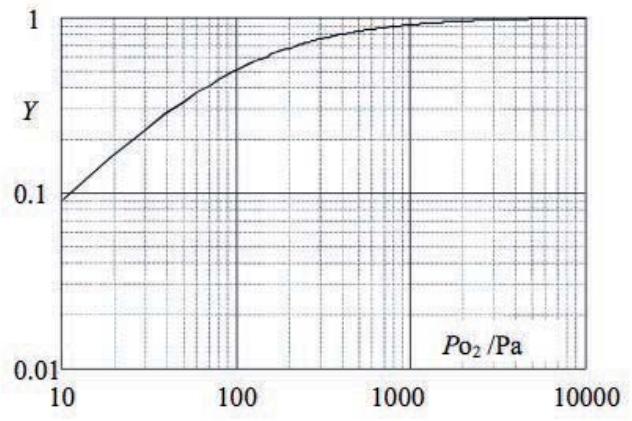
اکسیژن فقط به مقدار کمی آب حل می‌شود و مقدار حل شده با فشار اکسیژن متناسب است:

$$C_{O_2} \propto P_{O_2}$$

بنابراین کسر Mb پیوندی به فشار اکسیژن هم مربوط می‌شود (k_p یک ثابت است):

$$Y = \frac{P_{O_2}}{P_{O_2} + K_P}$$

نمودار زیر نشان‌دهنده‌ی این ارتباط است (مقایس نمودار لگاریتمی است):



(الف) مقدار و واحد ثابت K_P را از روی نمودار بدست آورید.

ابعاد مولکول Mb $۲٫۵ \times ۳٫۵ \times ۴٫۵$ nm است. یعنی Mb در جعبه‌ای به این ابعاد جا می‌شود. به علت اینکه مولکول بیضوی است حجم مولکول تقریباً نصف حجم جعبه است. پروتئین‌ها دارای چگالی تقریبی $۱۴۰۰\ kg\,m^{-3}$ هستند عدد آووگادرو $N_A = ۶٫۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$ است.

(ب) وزن مولی Mb را تخمین بزنید.

وال‌ها اکسیژن مورد نیازشان را از تنفس هوا بدست می‌آورند و با استفاده از این اکسیژن می‌توانند مدت زیادی در زیر آب بمانند. فرض کنید که ۲۰٪ جرم بافت شش‌های آن‌ها Mb است.

(ج) حساب کنید که یک وال چند مول اکسیژن به ازای هر کیلوگرم بافت شش خود ذخیره می‌کند؟

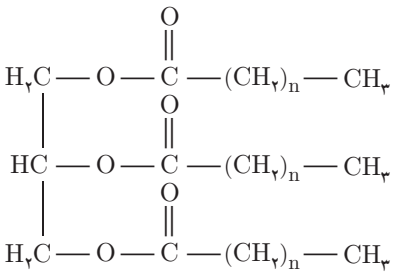
اکسیژن برای تولید انرژی استفاده می‌شود. این انرژی (گرما و حرکت) از سوختن چربی بدست می‌آید معادله‌ی کلی می‌تواند به وسیله‌ی معادله‌ی زیر تقریب زده شود:

$$(CH_2)_n + 1{,}5nO_2 \rightarrow nCO_2 + nH_2O$$

انرژی آزاد شده از این واکنش حدود ۴۰۰ kJ به ازای یک مول O_2. یک حیوان بزرگ مثل وال نیازمند ۰٫۵ W توان به ازای یک کیلوگرم از وزن بافت‌های شش خود است تا بتواند گرم بماند و حرکت کند.

(د) حساب کنید که وال چقدر می‌تواند زیر آب بماند.

(ه) معادله‌ی سوختن مولکول واقعی چربی را بنویسید:



«آماده‌سازی هلند ـ ۲۰۰۲»

۳۸. هنگامی که مخلوطی ۵٫۰۰۰ گرمی از $CaCO_3$، $Ca(HCO_3)_2$، $CaCl_2$ و $Ca(ClO_3)_2$ در دمای بالا حرارت داده شود، CO_2، H_2O و O_2 گازی آزاد می‌شود.

گازهای آزاد شده در دمای ۴۰۰ کلوین در یک سیلندر ۱٫۰۰۰ لیتری تحت خلاء، فشاری برابر ۱٫۳۱۲ اتمسفر وارد می‌کنند. هنگامی که دمای داخل سیلندر تا ۳۰۰ K کاهش یابد، فشار تا ۰٫۸۹۷ اتمسفر افت می‌کند. فشار بخار آب در این دما برابر ۲۷٫۰ torr است. گاز داخل سیلندر برای مشتعل ساختن مقدار نامشخصی از استیلن استفاده می‌شود.

تغییر آنتالپی در طی فرآیند احتراق، به کمک کالری‌متر، برابر ۷٫۷۹۶− کیلوژول تعیین گردید.

$$\Delta_f H^\circ(C_2H_2(g)) = 226{,}8\ kJ \cdot mol^{-1}$$
$$\Delta_f H^\circ(CO_2(g)) = -393{,}5\ kJ \cdot mol^{-1}$$
$$\Delta_f H^\circ(H_2O(g)) = -241{,}8\ kJ \cdot mol^{-1}$$
$$\Delta_{vap} H^\circ_{298}(H_2O(l)) = 44{,}0\ kJ \cdot mol^{-1}$$

(الف) برای واکنش‌های تجزیه‌ای محتمل که تولید گاز می‌کنند، معادله‌های موازنه شده‌ای بنویسید.

(ب) برای احتراق C_2H_2، معادله‌ی موازنه شده‌ای بنویسید.

(ج) تعداد کل مول‌های گازی تولید شده در سیلندر را محاسبه کنید.

(د) تعداد مول‌های O_2 حاضر در سیلندر را محاسبه کنید.

(ه) تعداد مول‌های CO_2 و H_2O تولیدی را محاسبه کنید.

(و) درصد وزنی $CaCO_3$ و $CaCl_2$ در مخلوط اولیه را تعیین کنید.

«آماده‌سازی ترکیه ـ ۲۰۱۱»

۳۹. دو واکنش زیر در فضای سرد بین ستاره‌ای اتفاق می‌افتند:

$$H_2 + D \rightarrow HD + H \quad (1)$$
$$HD + D \rightarrow D_2 + H \quad (2)$$

پارامترهای ترموشیمیایی مرتبط به واکنش (۱) در زیر آمده است:

$$\Delta H_f^\circ(H_2(g)) = 0\ kJ \cdot mol^{-1}$$
$$\Delta H_f^\circ(HD(g)) = 0{,}33\ kJ \cdot mol^{-1}$$
$$\Delta H_f^\circ(H(g)) = 216{,}00\ kJ \cdot mol^{-1}$$
$$\Delta H_f^\circ(D(g)) = 219{,}76\ kJ \cdot mol^{-1}$$
$$S^\circ(H_2(g)) = 130{,}57\ J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$$
$$S^\circ(HD(g)) = 143{,}69\ J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$$
$$S^\circ(H(g)) = 114{,}60\ J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$$
$$S^\circ(D(g)) = 123{,}24\ J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$$

فرض کنید که آنتالپی‌های تشکیل مربوط به دمای صفر کلوین و آنتروپی‌ها مستقل از دما می‌باشند.

(الف) ΔG° واکنش (۱) را در دمای $T = 20\ K$ و دمای $T = 1000\ K$ محاسبه کنید. اگر غلظت‌های اولیه تمام واکنش‌دهنده‌ها و محصولات برابر باشند، واکنش در کدام جهت خودبه‌خودی خواهد بود؟

(ب) علامت ΔH° (برای مثال مثبت یا منفی) چه چیزی را در مورد قدرت پیوندهای HD و H_2 نشان می‌دهد؟ علامت ΔS° چه چیزی را در مورد واکنش (۱) در جهت رفت به ما می‌گوید؟ و مبنای فیزیکی علامت ΔS° چیست؟

(ج) حال واکنش (۲) را در نظر بگیرید. علامت ΔH° و ΔS° را برای این واکنش در جهت رفت تعیین کنید (مثبت یا منفی). با فرض این که تغییرات آنتالپی و آنتروپی، از نظر اندازه، برابر مقادیر

قسمت الف باشند، تغییر انرژی آزاد واکنش را در دمای ۲۰ K و ۱۰۰۰ K محاسبه کرده و جهت خودبه‌خودی بدون واکنش در هریک از دماها را تعیین کنید.

(د) هیدروژن مولکولی (در فرم رایج ایزوتروپی خود) با غلظت بسیار بالایی نسبت به هیدروژن اتمی (و دوتریم اتمی) در فضای بین ستاره‌ای موجود است. با فرض دمای ۲۰ K، فرم غالب دوتریم (مثلاً D، HD یا D_2) را در فضای بین ستاره‌ای تعیین کنید.

«آماده‌سازی استرالیا ـ ۱۹۹۸»

۴۰. دی لیتیم از برخورد دو اتم لیتیم در فاز گازی بوجود می‌آید:

$$Li(g) + Li(g) \longrightarrow Li_2(g) \qquad (I)$$

(الف) آنتالپی تشکیل دی‌لیتیم به طور مستقیم قابل اندازه‌گیری نمی‌باشد. هرچند پارامترهای ترموشیمیایی زیر در دسترس می‌باشند:

$$\Delta H_f^\circ(Li(g)) = ۱۵۹/۴\ kJ \cdot mol^{-۱}$$

$$IE(Li(g)) = ۵/۳۹۲\ ev [۱\ ev = ۹۶/۴۸۶\ kJ \cdot mol^{-۱}]$$

$$D^\circ(Li_2^+(g)) = ۱۲۹/۸\ kJ \cdot mol^{-۱} \quad (D^\circ \text{ انرژی پیوندی می‌باشد})$$

$$IE(Li_2(g)) = ۵/۱۱۳\ ev$$

به کمک اطلاعات بالا $\Delta H_f^\circ(Li_2(g))$ و $D^\circ(Li_2(g))$ را تعیین کنید.

(ب) در زیر آزمایش ۱۲۲/۰۴۵ گرم از لیتیم خالص در یک محفظه‌ی واکنش تخلیه شده، قرار داده شد. حجم محفظه‌ی واکنش $۵/۹۴۷۴ \times ۱۰^۵\ m^۳$ و دمای عملیاتی در مقدار ۶۱۰/۲۵ K ثابت می‌باشد. یک سنسور حساس به فشار، نشان می‌دهد که فشار محفظه‌ی واکنش در مقدار $۹/۴۶۲ \times ۱۰^{-۴}$ تور ($۱\ Torr = ۰/۱۳۳۳۲\ kPa$) ثابت می‌باشد. با فرض این‌که تمام محتویات لیتیم در داخل محفظه، بخار شده باشد، غلظت لیتیم گازی و دی لیتیم گازی در ظرف واکنش را تعیین کنید.

ثابت تعادل برای واکنش (I) در این دما چقدر است؟ (K_C)

$$R = ۸/۳۱۴۴۱\ J.K^{-۱} \cdot mol^{-۱}$$

$$M_\omega(Li) = ۶/۹۴۱۰\ g \cdot mol^{-۱}$$

(ج) در آزمایش دیگری، این بار ۲۶۵/۳۸۴ gr از لیتیم در همان محفظه‌ی واکنش و با همان شرایط رار داده شده. فشار خوانده شده از محفظه‌ی واکنش $۱/۰۴۵۵ \times ۱۰^{-۳}$ Torr می‌باشد. فشار بخار دی‌لیتیم چقدر است؟

«آماده‌سازی استرالیا ـ ۱۹۹۸»

۴۱. حالت پایه‌ی الکترونی اتم هیدروژن (پایین‌ترین حالت الکترونی) به صورت $1s^1$ نوشته می‌شود که نشان می‌دهد که تک الکترون، اوربیتال 1s را اشغال می‌کند. اگر انرژی کافی به اتم داده شود، الکترون می‌تواند از اوربیتال 1s به اوربیتال‌های بالاتر مانند 2p و یاحتی 3p برانگیخته شود. انرژی الکترون در اتم هیدروژن (یا هر اتم یونیده شده با بار هسته‌ی Z و تنها با یک الکترون) با معادله‌ی روبرو داده می‌شود:

$$E_n = -R_H \frac{Z^2}{n^2}$$

در معادله Z تعداد پروتون‌ها در هسته می‌باشد ($Z = 1$ برای هیدروژن)، n عدد کوانتومی اصلی بوده و R_H ثابت ریدبرگ می‌باشد که مقداری برابر با انرژی یونش اتم هیدروژن دارد:

$$R_H = 2/179 \times 10^{-18}\ J$$

(الف) انرژی یک الکترون در اوربیتال 2p را در اتم هیدروژن برانگیخته محاسبه کنید.

(ب) مقدار انرژی مورد نیاز برای برانگیختن یک الکترون از اوربیتال 1s را محاسبه کنید.

(ج) انرژی یونش یک یون هلیوم (He^+) را محاسبه کنید.

هنگامی که الکترون از یک اوربیتال با انرژی بالاتر به یک اوربیتال پایین‌تر باز می‌گردد، انرژی را به صورت نور آزاد می‌کند. فرکانس نور، f، برحسب هرتز (Hz) با معادله‌ی زیر به انرژی انتقال، ΔE، مربوط می‌شود:

$$\Delta E = hf$$

$$h = 6/626 \times 10^{-34}\ J\,s \quad \text{(ثابت پلانک)}$$

(د) فرکانس نور آزاد شده در اثر انتقال الکترون در اتم هیدروژن از اوربیتال 2p به اوربیتال 1s را محاسبه کنید (معروف به خط α ـ لیمان اتم هیدروژن).

ابرنواختر E0102-72، شامل میلیون‌ها برابر اکسیژن موجود در سطح زمین می‌باشد، به دلیل دمای فوق‌العاده زیاد در ابرنواختر، اتم‌های اکسیژن به گونه‌های الکترونی O^{7+} یونیزه شده‌اند. اکسیژن به کمک فرکانس ویژه‌ی خط α ـ لیمان شناسایی شده است.

(ه) فرکانس خط α ـ لیمان O^{7+} را محاسبه کنید.

(و) عنصر دیگری که علاوه بر اکسیژن به مقدار زیاد در ابرنواختر وجود دارد، خط αـ لیمان با فرکانس $2/471 \times 10^{17}$ هرتز تولید می‌کند. این عنصر را به کمک جدول تناوبی شناسایی کنید.

«المپیاد ملی انگلیس ـ ۲۰۰۴»

۴۲. یک شرکت تولید قهوه اخیراً نوعی قوطی قهوه به بازار عرضه کرده است که قابلیت این را دارد که خودش را گرم کند! جهت گرم کردن قهوه، دکمه‌ای فشار داده می‌شود که ترکیبات گرم کننده را با هم مخلوط می‌کند: محلول رقیقی از سدیم / پتاسیم هیدروکسید و کلسیم اکسید. بدین ترتیب ۲۱۰ ml از قهوه تا حدود ۴۰° C گرم می‌شود.

(الف) معادله‌ای برای واکنش کلسیم اکسید با آب بنویسید.

(ب) سرعت گرم شدن می‌تواند با تغییر pH محلول تغییر کند. انتظار دارید که سرعت واکنش در محیط‌های اسیدی، بازی و خنثی چگونه تغییر کند، توضیح دهید. (به ترتیب افزایش سرعت مرتب کنید)

(ج) با استفاده از مقادیر آنتالپی‌های تشکیل برای کلسیم هیدروکسید، کلسیم اکسید و آب که به ترتیب برابر ۱۰۰۳–، ۶۳۶– و ۲۸۶– کیلوژول بر مول می‌باشد، تغییر آنتالپی استاندارد مولی برای واکنش قسمت (الف) را محاسبه کنید.

(د) با فرض این که ظرفیت گرمایی ویژه برای قهوه مانند ظرفیت گرمایی ویژه برای آب باشد ($۴٫۱۸\ J^{-۱}\ kg^{-۱}$) مقدار انرژی مورد نیاز برای گرم کردن ۲۱۰ ml قهوه به اندازه‌ی ۴۰° C را محاسبه کنید.

(ه) در نهایت مقدار مینیمم کلسیم اکسید مورد نیاز برای قرار دادن در قوطی را محاسبه کنید.

«المپیاد ملی انگلیس ـ ۲۰۰۴»

۴۳. دو واکنش جاینشینی زیر در یک کالریمتر با ظرفیت گرمایی $۲۰۰۰\ J \cdot K^{-۱}$ انجام شده‌اند. در آزمایش اول، مقدار اضافی پودر منیزیم به ۱۰۰ سانتی‌مترمکعب از محلول ۱ مولار مس (II) سولفات اضافه شد. دما از ۱۹٫۵° C به ۴۱٫۲° C افزایش یافت.

در آزمایش دوم، مقدار اضافی از پودر مس به $۱۰۰\ cm^{۳}$ از محلول ۰٫۵ مولار نقره نیترات اضافه شد، دما از ۱۴٫۵° C به ۲۰٫۹° C افزایش یافت.

ظرفیت گرمایی ویژه‌ی محلول‌های مس (II) سولفات و نقره نیترات را برابر $۴٫۲\ J\ K^{-۱}\ cm^{-۳}$ در نظر بگیرید. می‌توان فرض کرد که جرم فلز اضافی در هر واکنش قابل صرف‌نظر است.

(الف) تغییر آنتالپی واکنش برای هر دو آزمایش را محاسبه کنید.

(ب) تغییر آنتالپی به ازای یک مول مس، برای واکنش اتم‌های مس با نقره نیترات را محاسبه کنید.

«المپیاد ملی انگلیس ـ ۲۰۰۴»

۴۴. هنگامی که مقدار مشخصی از یک سوخت، در یک کالریمتر در مجاورت اکسیژن بسوزد، می‌توان به کمک اندازه‌گیری تغییر دما در کالریمتر، آنتالپی احتراق و همچنین آنتالپی استاندارد تشکیل را تعیین کرد.