

# فصل ۱

## تحلیل گرما و تعادل در واکنش‌ها



## راهبردهای یاددهی و یادگیری

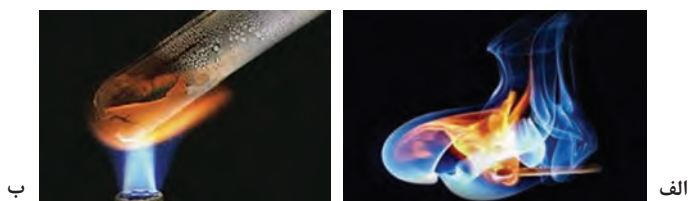
جلسه	فعالیت های یادگیری ساخت یافته
جلسه اول	مفهوم دما و گرما همراه با مثال های مختلف توضیح داده شود.
	فرایندهای گرماده و گرماگیر همراه مثال های مختلف و فیلم آموزشی توضیح داده شود.
	نمودارهای فرایندی گرماده و گرماگیر را رسم کند و با استفاده از فرمول های شیمیایی، همراه با مثال و تمرین، آنها را تحلیل کند.
جلسه دوم	مفهوم گرمای واکنش را همراه با مثال و تصویر بیان کند.
	گرمای واکنش در فرایند حجم ثابت و فشار ثابت را همراه با مثال و تمرین بررسی کند.
	آنتالپی (گرمای سوختن، گرمای حل شدن، گرمای تشکیل) را همراه با مثال و تمرین و معرفی جدول بیان کند.
جلسه سوم	روش های مختلف تعیین گرمای واکنش را همراه با مثال و تمرین بیان کند.
	گرمای واکنش را با استفاده از گرماسنج (روش مستقیم) همراه با تصویر، مثال و تمرین تعیین کند.
	گرمای واکنش را با استفاده از گرمای تشکیل (روش های غیرمستقیم) همراه با مثال و تمرین و استفاده از جدول تعیین کند.
جلسه چهارم	مفهوم فرایند تعادلی و تفاوت آن با فرایند یک طرفه را همراه با مثال و تمرین بیان کند.
	انواع تعادل فیزیکی را همراه با مثال، تصویر، فیلم آموزشی و تمرین شرح دهد.
	انواع تعادل شیمیایی را همراه با مثال، تصویر، فیلم آموزشی و تمرین شرح دهد.
جلسه پنجم	کاربردهایی برای مفهوم تعادل در زندگی روزمره و صنایع شیمیایی همراه با مثال و تصویر ارائه دهد.
	اثر دما را در جابه جایی فرایندهای تعادلی همراه با مثال، تصویر، فیلم آموزشی و تمرین بررسی کند.
	اثر غلظت و فشار را در جابه جایی فرایندهای تعادلی همراه با مثال، تصویر، فیلم آموزشی و تمرین بیان کند.
جلسه ششم	اصل لوشاتلیه را در جابه جایی تعادل ها همراه با مثال، تصویر، فیلم آموزشی و تمرین به کار برد.
	اثر کاتالیزگر را در واکنش های شیمیایی تعادلی همراه با مثال، تصویر، فیلم آموزشی و تمرین بیان کند.
	رابطه قانون تعادل را برای معادله واکنش های تعادلی گوناگون همراه با مثال، تصویر، فیلم آموزشی و تمرین بیان کند.
جلسه هفتم	مفهوم ثابت تعادل و بررسی های عددی آن، در موارد گوناگون را همراه با مثال و تمرین بیان کند.
	ارزشیابی به صورت پرسش های شفاهی و کتبی کلاسی، به صورت نمره مستمر و به صورت آزمون کلی پایانی در پایان پودمان انجام شود.

در این فصل، هنرجویان با انواع واکنش‌های گرماده و گرماگیر، تعیین گرمای واکنش‌ها، واکنش‌ها و فرایندهای تعادلی، عوامل مؤثر بر وضعیت یک تعادل و بررسی کیفی و کمی تعادل‌های شیمیایی آشنا می‌شوند. آموزش این پودمان به‌صورت تدریس نظری پیش‌بینی شده است. لازم است که هنرآموزان محترم با آموزش و راهنمایی هنرجویان، به‌طور مستقیم در فرایند یاددهی و یادگیری مشارکت مؤثر داشته باشند. همچنین هنرآموزان گرمای توجه داشته باشند که در فرصت‌های یادگیری پیش‌بینی شده به شایستگی‌های غیرفنی این واحد یادگیری مانند اخلاق حرفه‌ای (وقت‌شناسی، حضور منظم و به‌موقع، انجام دادن وظایف و کارهای محوّل، پیروی از قوانین و غیره)، کار گروهی (حضور فعال در فعالیت‌های گروهی مانند بحث گروهی و تحقیق کنید) توجه ویژه داشته باشند.

## کاربرد گرما و تعادل در واکنش‌ها

### پرسش ۱:

به نظر شما، شکل‌های زیر چه تفاوت‌ها و شباهت‌هایی با یکدیگر دارند؟



نمونه‌هایی از واکنش‌های گرماده و گرماگیر

### پاسخ:

شکل الف، سوختن کبریت که یک واکنش گرماده است را نشان می‌دهد، در حالی که در شکل ب، دو واکنش گرماده و گرماگیر به‌طور هم‌زمان نشان داده شده‌اند.

### تحقیق کنید ۱:

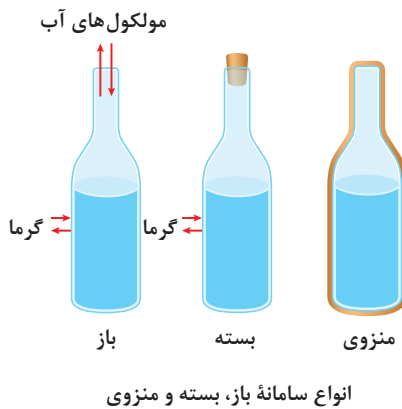
در مورد فرایند فوتوسنتز تحقیق کنید و گزارش آن را در کلاس ارائه دهید.

### پاسخ:

فوتوسنتز (photosynthesis) یا ساخت‌نوری فرایندی زیست‌شیمی است که در آن، انرژی نورانی خورشید توسط گیاهان و برخی از باکتری‌ها به انرژی شیمیایی ذخیره شده در مواد غذایی آنها تبدیل می‌شود.

## پرسش ۲:

آیا می‌توانید با توجه به شکل زیر، تفاوت سامانه‌های باز، بسته و منزوی را بیان کنید؟



## پاسخ:

مطابق شکل، در سامانه باز تبادل جرم (مولکول‌های آب) و گرما وجود دارد ولی در سامانه بسته فقط تبادل گرما دیده می‌شود. در سامانه منزوی، نه تبادل جرم وجود دارد و نه تبادل گرما.

## بحث گروهی:

به نظر شما دما، گرما و انرژی گرمایی چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟

## پاسخ:

گرما انرژی موجود در جسم است و واحد آن ژول (J) است. دما، اندازه‌گیری انرژی مولکول‌های یک جسم است. از آنجایی که گرما شکلی از انرژی است، به آن، انرژی گرمایی هم می‌گویند.

## تحقیق کنید ۲:

در خصوص ظرفیت گرمایی مواد تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

## پاسخ:

ظرفیت گرمایی یک سامانه با C نشان داده می‌شود که عبارت است از نسبت گرمای مبادله‌شده با سامانه به تغییر دمای ناشی از مبادله گرما.

ظرفیت گرمایی ویژه، مقدار گرمایی است که با واحد جرم کنترلی سامانه مبادله می‌شود تا دمای آن ۱ درجهٔ سلسیوس تغییر یابد. ظرفیت گرمایی ویژهٔ چند ماده در جدول زیر آمده است.

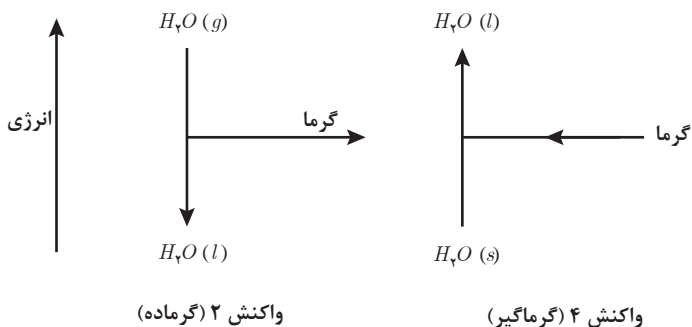
ماده	گرمای ویژه	ماده	گرمای ویژه
آب	۴۲۰۰	گرانیت	۸۲۰
آب دریا	۳۹۰۰	مس	۳۸۰
یخ	۲۱۰۰	سرب	۱۲۶
اتانول	۲۵۰۰	آلومینیم	۹۰۰
روغن پارافین	۲۱۰۰	سدیم	۱۲۴۰
هیدروژن	۱۴۳۰۰	جیوه	۱۵۰
هوا	۹۹۳	آهن	۳۹۰
هلیوم	۵۲۴۰	فولاد	۴۲۰
اکسیژن	۹۳۰	سنگ مرمر	۹۰۰

### پرسش ۳:

نمودار تغییر انرژی در واکنش‌های شمارهٔ ۲ و ۴ جدول ۲ را رسم کنید.

### پاسخ:

واکنش ۲ گرماده، و واکنش ۴، گرماگیر است.



### تحقیق کنید ۳:

در مورد انرژی درونی و آنتالپی تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

### پاسخ:

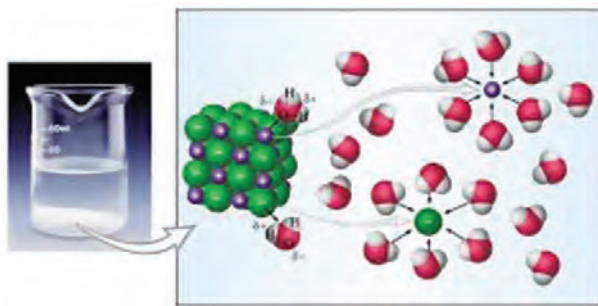
یک مقدار از یک ماده همان‌طور که دارای انرژی  $E$  است، آنتالپی  $H$  نیز دارد. آنتالپی یک نمونهٔ مادی تا حدودی برابر با همان انرژی آن است. به‌طور دقیق، آنتالپی یک نمونهٔ مادی مساوی انرژی آن به اضافه حاصل ضرب حجم در فشار آن است. یعنی:

$$H=E+PV$$

در حالی که  $H$  و  $E$  به ترتیب آنتالپی و انرژی نمونه مورد مطالعه را می‌رساند و  $V$  حجم آن نمونه را نشان می‌دهد و  $P$  فشار روی نمونه را معرفی می‌کند. آنتالپی  $H$  برحسب یکی از واحدهای انرژی اندازه‌گیری می‌شود. در واقع، آنتالپی نام و همتایی دیگر برای انرژی است.

### پرسش ۴:

آیا حل شدن نمک طعام در آب، یک فرایند حجم ثابت است؟



فرایند حل شدن نمک طعام در آب

### پاسخ:

با یک استوانهٔ مدرج، ۱۰۰ میلی‌لیتر آب را در یک بشر بریزید. ۲ گرم نمک طعام را با یک ترازو وزن کنید و حجم آن را در حالت فشرده تخمین بزنید. نمک را در آب داخل بشر حل کنید. حجم محلول حاصل را اندازه بگیرید و آن را با مجموع حجم آب و نمک در قبل از آزمایش مقایسه کنید. از آن، چه نتیجه‌ای خواهید گرفت؟ با انجام دادن این آزمایش خواهید دید که حجم در جریان حل کردن نمک طعام در آب، تغییر چندانی نمی‌کند. بنابراین می‌توان گفت در فرایند حل شدن نمک طعام در آب، حجم تقریباً ثابت است.



جوشیدن آب

### پرسش ۵:

آیا جوشیدن آب یک فرایند حجم ثابت است؟

### پاسخ:

۱ مول آب (۱۸ گرم آب) را که در دمای جوش خود قرار دارد در نظر بگیرید. حجم این مقدار آب در حدود ۱۸ سانتی متر مکعب است. هرگاه ۱ مول آب به بخار آب در همان دمای جوش تبدیل شود، حجم بسیار بسیار بزرگ تری را اشغال خواهد کرد، بدین سان در فرایند جوشیدن آب، حجم ثابت نمی ماند و به طور چشم گیری تغییر می کند.

### پرسش ۶:

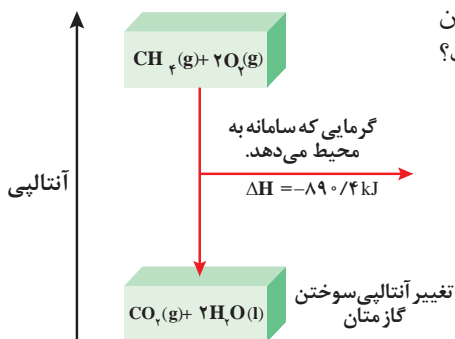
آیا جوشیدن آب در هوای آزاد یک فرایند فشار ثابت است؟

### پاسخ:

بله، فشار هوا در جریان جوشیدن آب تقریباً ثابت است. برای بخار شدن ۱ مول آب در دمای جوش و فشار ثابت، در حدود  $40630 \text{ J}$  انرژی در شکل گرما از محیط جذب می شود.

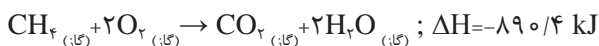
### پرسش ۷:

مطابق شکل، تغییر آنتالپی سوختن گاز متان در فشار ثابت چقدر است؟



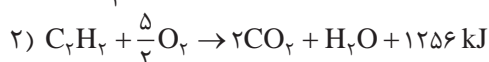
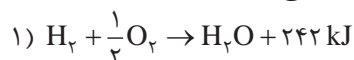
### پاسخ:

مطابق شکل، فرایند سوختن، گرماده است و تغییر آنتالپی آن مقداری منفی است.



### پرسش ۸:

مطابق واکنش‌های زیر،  $\Delta H$  سوختن گازهای هیدروژن و استیلن را بیان کنید. فرض کنید این واکنش‌ها در فشار ثابت صورت می‌گیرند.



### پاسخ:

$$1) \Delta H = -242 \text{ kJ}$$

$$2) \Delta H = -1256 \text{ kJ}$$

### پرسش ۹:

گرمای سوختن یک گرم از هر یک از ترکیب‌های داده‌شده در جدول ۳ را محاسبه و با هم مقایسه کنید. به نظر شما کدام سوخت بهتر است؟

### پاسخ:

$\Delta H$		جرم مولکولی	فرمول	نام
$\text{kJg}^{-1}$	$\text{kJmol}^{-1}$			
-۱۹/۹۴	-۶۳۸	۳۲	$CH_3OH$	متانول
-۱۹/۱۳	-۱۲۲۴	۶۴	$C_2H_5OH$	اتانول
-۵۵/۶۵	-۸۹۰/۴	۱۶	$CH_4$	متان
-۴۶/۵	-۲۰۴۶	۴۴	$C_4H_{10}$	پروپان
-۴۵/۸۱	-۲۶۵۷	۵۸	$C_4H_{10}$	بوتان

بنابراین سوخت متان، بهترین سوخت است.

### پرسش ۱۰:

بر اساس جدول ۴، گرمای مولی حل شدن کلسیم کلرید و آمونیم کلرید در آب چقدر است؟ این دو مقدار را با یکدیگر مقایسه کنید.

### پاسخ:

مطابق جدول ۴، گرمای مولی حل شدن کلسیم کلرید در آب،  $-۸۲/۸$  و آمونیم کلرید  $+۱۵/۲$  کیلو ژول بر مول است. بنابراین با توجه به علامت آنها، با حل شدن



کلسیم کلرید در آب، گرما به محیط داده می‌شود و با حل شدن آمونیم کلرید در آب، گرما از محیط گرفته می‌شود.

### تمرین:

از حل شدن ۳/۲۷ گرم فلز روی در محلول هیدروکلریک اسید لازم، ۷/۷ کیلوژول گرما در فشار ثابت آزاد می‌شود. تغییر آنتالپی واکنش بین روی و محلول اسید را حساب کنید.

### پاسخ:



در معادله نوشته شده، یک اتم گرم Zn (۶۵/۴ گرم روی) در اسید حل می‌شود. از این‌رو، گرمای واکنش داده شده، آن مقدار گرمایی است که با حل شدن یک اتم گرم روی همراه است. به این ترتیب:

$$\Delta H_{(\text{واکنش})} = 65/4 \text{ g} \times \frac{-7/7 \text{ kJ}}{3/27 \text{ g}} = -154 \text{ kJ}$$

(علامت منفی بیان گر گرمادهی واکنش است).

### تحقیق کنید ۴:

در مورد «راز گرم شدن حمام شیخ بهایی با یک شمع» تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

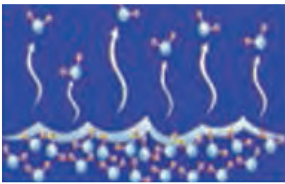
### پاسخ:

این احتمال وجود دارد که یک سامانه سفالینه لوله کشی زیرزمینی در حد فاصل آبریزگاه مسجد جامع و این حمام وجود داشته است که با روش مکش طبیعی، گازهایی مانند متان و اکسیدهای گوگردی را به خزینه حمام منتقل می‌کرده است. طبق محاسبات دقیقی که شیخ بهایی انجام داده بود و با طراحی خاص خزینه، فاضلاب به گاز متان تبدیل شده و به عنوان منبع گرما در مشعل خزینه می‌سوخته است. امروزه تولید گاز از فاضلاب، با عنوان بیوگاز نامیده می‌شود که یکی از تخصص‌های مهندسان محیط زیست است. از این سامانه در کشورهای زیادی به عنوان بازیافت فاضلاب و تهیه سوخت استفاده می‌شود. همچنین با توجه به مجاورت عصارخانه «جماله» با حمام شیخ بهایی که در آن از دانه‌های گیاهی، روغن تهیه می‌شده است، ممکن است این سوخت منبع تهیه انرژی این شعله قرار گرفته باشد. منبع آب این گرمابه از طلا بوده و با توجه به اینکه طلا رساناترین فلز انتقال گرما است، با گرمای کم، انرژی زیادی تولید و آب منبع، گرم می‌شده است.

## واکنش‌های تعادلی

### بحث گروهی:

مطابق شکل زیر، دو ظرف مشابه حاوی مقداری آب، در پوش و بدون درپوش، در نظر بگیرید. پس از یک هفته، چه تغییری در میزان آب موجود در آنها مشاهده می‌کنید.



فرایند تبخیر



فرایند تبخیر و میعان: بخار آب → آب مایع ⇌ بخار آب ← آب مایع



### پاسخ:

در این شکل فرایندهای فیزیکی تبخیر و میعان دیده می‌شوند. پس از یک هفته، در ظرف بدون درپوش، با تمام شدن آب، فرایند تبخیر متوقف می‌شود، ولی در ظرف با درپوش فرایند میعان در خلاف جهت تبخیر نیز در حال انجام شدن است و آب مایع را دوباره تولید می‌کند. در واقع پیشرفت فرایندهای تبخیر و میعان تا جایی است که به یک موقعیت تعادلی برسند. در این حالت مقداری آب مایع با محصول بخار، به صورت مخلوط با هم وجود دارند و در این شرایط تغییری در فرایندها دیده نمی‌شود.

### پرسش ۱۱:

با توجه به شکل، انواع فرایندهای برگشت‌پذیر و برگشت‌ناپذیر را بنویسید.



انواع فرایندهای تعادلی آب

پاسخ:

ردیف	تغییر فاز	نام فرایند
۱	مایع - گاز	تبخیر - جوش
۲	گاز - مایع	میعان
۳	مایع - جامد	انجماد
۴	جامد - مایع	ذوب
۵	جامد - گاز	تصعید
۶	گاز - جامد	ترسیب

هر کدام از فرایندهای جدول بالا، اگر به تنهایی انجام شوند، برگشت‌ناپذیر هستند و اگر همراه با فرایند معکوس خود با سرعت یکسان انجام گیرند، برگشت‌پذیر هستند.

پرسش ۱۲:

مطابق شکل، حل شدن قند در آب چه زمانی برگشت‌ناپذیر و چه زمانی برگشت‌پذیر است؟



حل شدن قند در آب

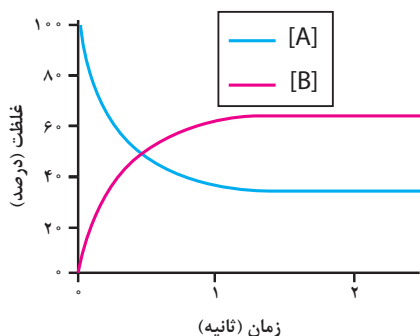
پاسخ:

در ابتدای آزمایش که با افزودن قند، بلورهای آن در آب ناپدید می‌شوند، فرایند حل شدن قند برگشت‌ناپذیر است. با ادامه افزودن قند به آب و حل شدن آن، پس از مدتی اضافه قند در ته ظرف رسوب می‌کند. در این شرایط، در ظاهر قند بیشتری در آب حل نمی‌شود و فرایند به تعادل رسیده است. اما از آنجایی که فرایند تعادلی، فرایندی پویا است، از نظر میکروسکوپی هر مولکول قندی که در آب حل می‌شود، هم‌زمان با آن یک مولکول قند رسوب می‌کند؛ یعنی فرایندهای حل شدن و تشکیل بلور قند با سرعت برابر انجام می‌شوند.

## انواع تعادل

### پرسش ۱۳:

با بررسی نمودار تعادلی زیر، ماده اولیه و محصول را مشخص کنید.

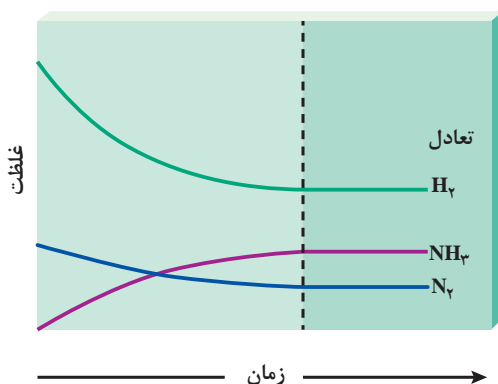


### پاسخ:

مطابق نمودار، از آنجایی که غلظت ماده A با گذر زمان، کم شده است، ماده اولیه، و چون در همان شرایط، غلظت ماده B زیاد شده است، محصول است.

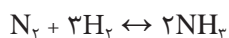
### پرسش ۱۴:

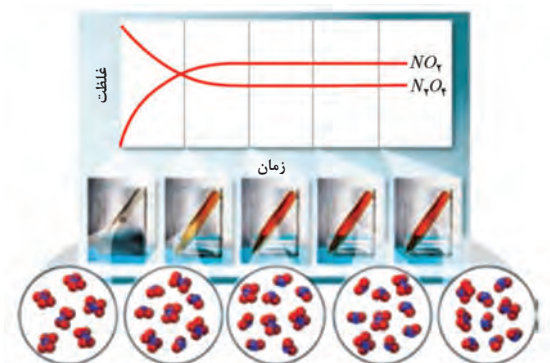
نمودار زیر را توضیح دهید.



### پاسخ:

با گذشت زمان، غلظت مواد اولیه (هیدروژن و نیتروژن) کاهش یافته است و غلظت محصول (گاز آمونیاک) افزایش می‌یابد. این نمودار تولید گاز آمونیاک از گازهای هیدروژن و نیتروژن را نشان می‌دهد.



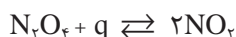


روند انجام شدن یک نمونه واکنش شیمیایی

### پرسش ۱۵:

با توجه به شکل روبه‌رو، واکنش تعادلی را به‌طور کامل بنویسید.

### پاسخ:



### تحقیق کنید ۵:

در مورد غار علیصدر و رسوبات کلسیم‌کربنات آن تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

### پاسخ:

در بدو ورود به غار علیصدر، شاهد رسوبات کلسیم‌کربنات در سقف و دیواره‌های وسیعی از غار هستید. این رسوبات گویای این هستند که در گذشته در این قسمت نیز آب وجود داشته است. ارتفاع فعلی آب درون غار در حدود ۵۰ متر پایین‌تر از این قسمت است. ارتفاع آب غار در قسمت‌های مختلف آن از صفر تا ۱۴ متر در نوسان است. تمامی گذرگاه‌های غار هنوز کشف نشده است، اما در برخی از گذرگاه‌های غار ۱۰ الی ۱۱ کیلومتر پیشروی شده است. برای بازدید از غار پس از طی مسیر قابل قایقرانی، مسیر طولانی در خشکی طی می‌شود و پس از آن دوباره گردش با قایق ادامه می‌یابد. از ۱۴ کیلومتر مسیر کشف‌شده، ۴ کیلومتر از معابر که با پروژکتور نورپردازی شده‌اند، مورد بازدید قرار می‌گیرند. محوطه اصلی غار از تعداد زیادی تالار بزرگ و کوچک و پیچ‌درپیچ تشکیل شده است که به‌وسیله دهلیزها و دالان‌های مشبک با یکدیگر مرتبط می‌شوند و برخی از آنها وسعتی بیش از چند صد متر مربع دارند. سقف غار (که در برخی قسمت‌ها تا ۱۰ متر از سطح آب ارتفاع دارد) پوشیده از رسوبات کلسیم‌کربنات خالص و مخلوط با عنصرهای شیمیایی دیگر است. این رسوبات به‌صورت‌های مختلف استالاکتیت‌هایی با شکل‌های جذاب ایجاد کرده‌اند و در کف غار و در جاهایی که آب وجود ندارد نیز استالاکمیت‌ها منظره زیبایی به‌وجود آورده‌اند.



حل شدن نمک در آب

### پرسش ۱۶:

فرایندهای رفت و برگشت (حل شدن و بلورش) را در محلول سیرشدهٔ آب نمک مشخص کنید (شکل روبه‌رو).

### پاسخ:

فرض کنید در دمای اتاق، مقدار زیادی نمک را (مثلاً ۵۰ گرم) به یک بشر محتوی ۱۰۰ میلی‌لیتر آب می‌افزاییم (شکل الف). سدیم کلرید آغاز به حل شدن می‌کند، و به تدریج از مقدار نمک موجود در ته ظرف کاسته می‌شود. با هم زدن‌های متوالی متوجه می‌شویم که در ابتدا سرعت حل شدن نمک زیاد است ولی به تدریج از میزان آن کاسته می‌شود تا اینکه پس از ۵ دقیقه هم زدن، فقط ۱۴ گرم نمک جامد در ته ظرف باقی می‌ماند (شکل ب). هم زدن را ۵ دقیقه دیگر ادامه می‌دهیم. می‌بینیم که مقدار نمک جامد همچنان ثابت و برابر ۱۴ گرم است (شکل ج). بنابراین در اینجا به محلول سیرشده‌ای از نمک طعام می‌رسیم که در مجاورت مقداری نمک جامد قرار دارد. می‌توان پدیدهٔ برقراری تعادل میان محلول سیرشده و نمک جامد را از دید دو فرایند رقیب توضیح داد که یکی حل شدن و دیگری بلورش است.



الف) آغاز آزمایش ۵۰ گرم نمک جامد + آب

ب) پس از ۵ دقیقه هم زدن ۱۴ گرم نمک جامد + محلول

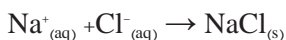
ج) پس از ۱۰ دقیقه هم زدن ۱۴ گرم نمک جامد + محلول

حل شدن نمک در آب و تشکیل محلول سیرشده

در آغاز آزمایش فرایند حل شدن و حرکت یون‌ها اغلب در یک جهت و از سوی شبکه بلور نمک به سوی محلول است.



با افزایش تعداد یون‌های  $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$  و  $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$  در محلول، فرایند بلورش (فرایند معکوس) نیز رخ می‌دهد. یون‌های مزبور که در حال جنبش و جابه‌جایی هستند، بر اثر برخورد با سطح شبکه بلور موجود در ظرف، جذب آن می‌شوند و مسیر معادله زیر را طی می‌کنند.



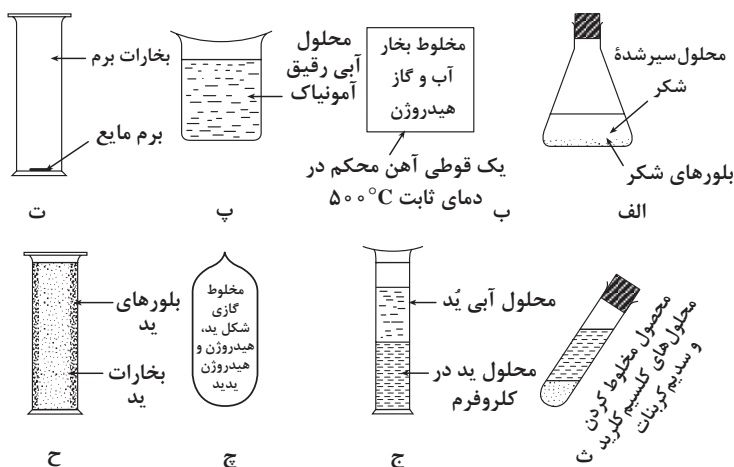
سرانجام، حالتی از تعادل پویا برقرار می‌شود که در آن سرعت هر دو فرایند یکسان می‌شود. معادله زیر نمایشی برای شرایط تعادلی جدید است:



فرایند حل شدن سدیم کلرید در آب، مثالی برای حل شدن سایر جامدهای یونی در آب است و کم و بیش برای حل شدن انواع جامدها در حلال‌هاست. هر زمان سرعت حل شدن یک ماده جامد با سرعت بلورش آن ماده یکسان شود، محلول سیرشده‌ای به دست می‌آید که در دمای آزمایش، مقدار بیشتری از ماده جامد مزبور در آن حل نخواهد شد. با این شرح می‌توان گفت فرایند تعادل میان ماده جامد و ذره‌های حل شده آن را از دید مولکولی می‌توان مانند تعادل برقرار شده میان مایع و بخار آن در یک ظرف بسته پنداشت.

### پرسش ۱۷:

با توجه به نمونه‌های تعادلی ارائه شده در شکل زیر، ابتدا فرایند رفت و برگشت تعادل‌های پویا را مشخص کنید و سپس خواص ماکروسکوپی ثابت آنها را تعیین کنید.



انواع فرایندهای تعادلی (تمامی ظرف‌ها، در بسته هستند).

### پاسخ:

در شکل الف، مولکول‌های شکر در حالت جامد و محلول با یکدیگر به تعادل رسیده‌اند. می‌توان فرایند رفت را حل شدن شکر و فرایند برگشت را رسوب کردن شکر در نظر گرفت.

در شکل ب، واکنش شیمیایی  $2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2$  به حالت تعادل رسیده است.

در شکل پ، گاز آمونیاک با محلول آن در آب به حالت تعادل رسیده است. (محلول  $\text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_3$ )

در شکل ت، برم مایع در ظرف در بسته با بخارات برم به حالت تعادل رسیده است. در شکل ث، واکنش شیمیایی بین کلسیم کلرید و سدیم کربنات  $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 + 2\text{NaCl}$  به تعادل رسیده است.

در شکل ج، ید در آب با ید در کلروفرم به حالت تعادل رسیده است.

در شکل چ، واکنش شیمیایی  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$  به حالت تعادل رسیده است.

در شکل ح، بلورهای ید با بخارات ید به حالت تعادل رسیده‌اند. (بخار  $\text{I}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{I}_2$ )

## عوامل مؤثر بر وضعیت یک تعادل

### پرسش ۱۸:

واکنش تعادلی بین یون‌های آهن (III) و تیوسیانات، باعث تشکیل آهن (III) تیوسیانات قرمز رنگ می‌شود. واکنش تعادلی  $\text{FeSCN}^{2+}$  (قرمز تیره)  $\rightleftharpoons$  (بی‌رنگ)  $\text{SCN}^- + \text{Fe}^{3+}$  (زرد کم‌رنگ) را در نظر بگیرید و به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف) با افزایش غلظت آهن (III) کلرید، محلول تعادلی چه رنگی می‌شود؟  
ب) با حل کردن آهن (III) تیوسیانات اضافی در محلول تعادلی، رنگ آن چه تغییری می‌کند؟





پاسخ:

افزایش غلظت هریک از یون‌های واکنش‌دهنده موجب افزایش غلظت محصول رنگین و پررنگ شدن محلول تعادلی می‌شود. کاهش غلظت این یون‌ها اثر عکس دارد. یعنی در قسمت الف، محلول پررنگ و قرمز تیره می‌شود و در قسمت ب، محلول کم‌رنگ می‌شود.

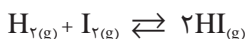


پرسش ۱۹:

آیا تغییر فشار همیشه وضعیت تعادل را تغییر می‌دهد؟

پاسخ:

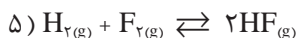
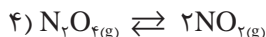
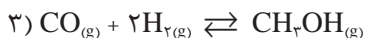
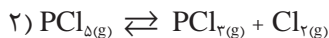
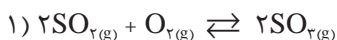
خیر، به عنوان مثال، تعادل زیر را در نظر بگیرید:



از آنجایی که تعداد مول گازی سمت راست و چپ واکنش با یکدیگر برابر است، تغییر فشار، سامانه گازی را جابه‌جا نمی‌کند.

پرسش ۲۰:

اثر تغییر فشار را بر روی واکنش‌های زیر بررسی کنید.

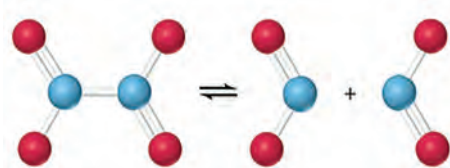
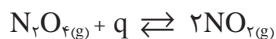


پاسخ:

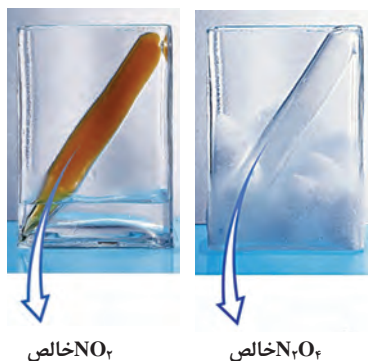
در واکنش ۱ و ۳ با افزایش فشار، واکنش تعادلی به سمت مول کمتر گازی پیش می‌رود. و برعکس در واکنش ۲ و ۴ با کاهش فشار سامانه، واکنش به سمت مول گازی بیشتر حرکت می‌کند. و در واکنش ۵، به دلیل یکسان بودن تعداد مول‌های گازی سمت راست و چپ، تغییر فشار بروی آن مؤثر نیست.

### پرسش ۲۱:

اثر دما را بر واکنش تعادلی زیر بررسی کنید.



اثر دما بر تعادل  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$

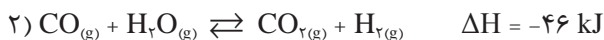
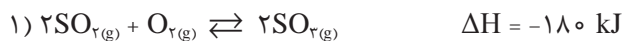


### پاسخ:

مطابق شکل و واکنش تعادلی، با افزایش دما، رنگ نمونه پررنگ تر می شود و گاز  $\text{NO}_2$  بیشتری تولید می شود.

### پرسش ۲۲:

اثر دما را بر واکنش های زیر بررسی کنید.



### پاسخ:

$\Delta H$  منفی، به مفهوم گرماده بودن و  $\Delta H$  مثبت، به معنی گرماگیر بودن واکنش ها است. با افزایش دما، در واکنش های گرماده (واکنش های ۱، ۲، ۳ و ۵)، واکنش به سمت مواد اولیه و در واکنش های گرماگیر (واکنش ۴) به سمت تولید محصول بیشتر پیش می رود.

### تحقیق کنید ۶:

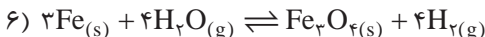
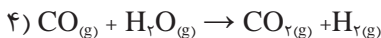
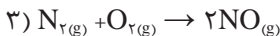
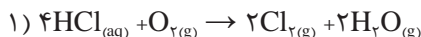
در مورد انرژی فعال سازی واکنش ها تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

### پاسخ:

هنرآموزان محترم با راهنمایی هنرجویان توسط شکل ۱۶، شیوه تحقیق کتابخانه ای و یا اینترنت، به آنان کمک کنند تا تفاوت نمودارهای انرژی فرایندهای گرماگیر و گرماده را بفهمند.

### پرسش ۲۳:

برای تعادل های زیر، ثابت تعادل را بنویسید.



### پاسخ:

$$۱) K = \frac{[\text{Cl}_2]^2 \times [\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{HCl}]^4 \times [\text{O}_2]}$$

$$۲) K = \frac{[\text{CO}_2]^2}{[\text{CO}]^2 \times [\text{O}_2]}$$

$$۳) K = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2] \times [\text{O}_2]}$$

$$۴) K = \frac{[\text{CO}_2] \times [\text{H}_2]}{[\text{CO}] \times [\text{H}_2\text{O}]}$$

$$۵) K = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 \times [\text{O}_2]}$$

$$۶) K = \frac{[\text{H}_2]^4}{[\text{H}_2\text{O}]^4}$$

## پرسش ۲۴:

شکل زیر را تفسیر کنید.

مقدار ثابت تعادل



## پاسخ:

هر چقدر میزان ثابت تعادل کوچک تر باشد، میزان واکنش رفت کمتر و محصول کمتری تولید خواهد شد و برعکس هر چه مقدار آن بزرگ تر باشد، واکنش رفت غالب است و محصول بیشتری تولید خواهد شد.

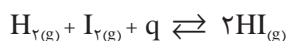
## پرسش ۲۵:

جدول زیر نسبت ترکیب یک مخلوط تعادلی را در دمای  $485^{\circ}\text{C}$  نشان می دهد.  
 الف) معادله واکنش و معادله ثابت تعادل آن را بنویسید.  
 ب) مقدار ثابت تعادل را برای هر یک از دو مخلوط تعادلی بنویسید. فرض کنید حجم این مخلوط یک لیتر است.

مقدار $\text{HI}$ (مول)	مقدار $\text{I}_2$ (مول)	مقدار $\text{H}_2$ (مول)	
۰/۱۷۲۰	۰/۰۲۸۴	۰/۰۲۲۶	مخلوط اول
۰/۱۷۸۰	۰/۰۴۰۶	۰/۰۱۶۷	مخلوط دوم

## پاسخ:

از آتجایی که حجم مخلوط یک لیتر است، مول داده شده مواد، همان غلظت مولار آنها است.



$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \times [\text{I}_2]} \quad \text{الف)}$$

$$\text{ب) } K_1 = \frac{(0/172)^2}{(0/0284) \times (0/0226)} = 46/09$$

$$K_2 = \frac{(0/178)^2}{(0/0406) \times (0/0167)} = 46/73$$

### پرسش ۲۶:

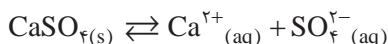
مخلوطی از هیدروژن و ید تا  $490^\circ\text{C}$  گرما داده شده است. محاسبه نشان می‌دهد که مقدار  $K$  برای واکنش  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$ ، برابر ۴۶ است. تعیین غلظت‌های  $\text{HI}$  و  $\text{I}_2$  با واحدهای میلی‌مولار ( $\text{mM}$ ) که برابر یک هزارم مولار است) نشان داد که  $[\text{H}_2] = 2/7 \text{ mM}$  و  $[\text{I}_2] = 3/1 \text{ mM}$  است. غلظت  $\text{H}_2$  را در این مخلوط تعادلی حساب کنید.

$$46 = \frac{(2/7)^2}{(\text{H}_2) \times (3/1)} \Rightarrow [\text{H}_2] = 0/511 \text{ mM}$$

### پاسخ:

### پرسش ۲۷:

سنگ معدن گچ مطابق معادله زیر اندکی در آب حل می‌شود و محلول سیرشده‌ای پدید می‌آید، رابطه تعادلی این فرایند را بنویسید.



### پاسخ:

رابطه تعادلی این واکنش به صورت زیر درمی‌آید:

$$K = \frac{[\text{Ca}^{2+}] \times [\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{CaSO}_4]} \Rightarrow K[\text{CaSO}_4] = [\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]$$

و از آنجا که  $[\text{CaSO}_4]$  ثابت است، خواهیم داشت:

$$K = [\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]$$

به عبارت دیگر، عوامل متغیر در این تعادل و در دمای ثابت فقط غلظت یون‌های محلول یعنی یون‌های  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{SO}_4^{2-}$  است.

### تحقیق کنید ۷:

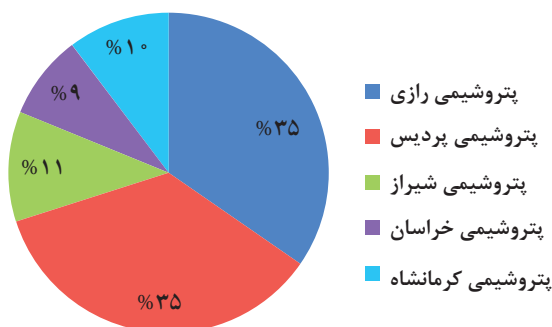
۱ در ارتباط با وضعیت موجود و چشم‌انداز بازار جهانی آمونیاک و سهم ایران تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

### پاسخ:

آمونیاک یکی از محصولاتی است که سهم بالایی از کل تولیدات پتروشیمی ایران دارد. این محصول کاربردهای زیادی دارد که از جمله آنها می‌توان به کودهای

شیمیایی اشاره کرد که بیشترین سهم را در بین کاربردهای مختلف به خود اختصاص می‌دهد.

دیگر کاربردهای این ماده مهم صنعتی، استفاده به‌عنوان مادهٔ سردکننده، مادهٔ اولیهٔ تولید نیتریک‌اسید و مواد منفجره، تولید آکریلونیتریل، الیاف مصنوعی نیتروپارافین و نیتروسولوز و نیز تصفیهٔ فاضلاب، استخراج فلزات از سنگ معدن و لاستیک‌سازی هستند. ایران بیش از ۲۳ درصد ظرفیت تولید آمونیاک خاورمیانه را در اختیار دارد که این مقدار معادل ۲ درصد کل ظرفیت تولید آمونیاک دنیا است. پتروشیمی پردیس و رازی مهم‌ترین مجتمع‌های پتروشیمی ایران هستند که به ترتیب ۳۵/۵ و ۳۴/۶ درصد از ظرفیت تولید آمونیاک کشور را در اختیار دارند. در مجموع ۷۰ درصد از ظرفیت تولید آمونیاک ایران متعلق به این دو مجتمع است. پتروشیمی شیراز، خراسان و کرمانشاه نیز از جمله شرکت‌های دیگری هستند که بخشی از کل آمونیاک ایران را تولید می‌کنند.



ظرفیت اسمی تولید آمونیاک ایران در سال ۱۳۹۳ به تفکیک مجتمع‌های پتروشیمی

۲ در مورد کشف سولفوریک‌اسید تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

### پاسخ:

سولفوریک‌اسید که در گذشته با نام جوهر گوگرد خوانده می‌شد، اسیدی بسیار قوی است که با هر درصدی در آب حل می‌شود. سولفوریک‌اسید برای نخستین بار توسط جابر بن حیان (قرن هشتم) کشف شد. البته بعضی کشف این اسید را در قرن نهم به شیمیدان ایرانی به نام زکریای رازی ربط می‌دهند.

۳ در مورد کاربردهای سولفوریک‌اسید تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

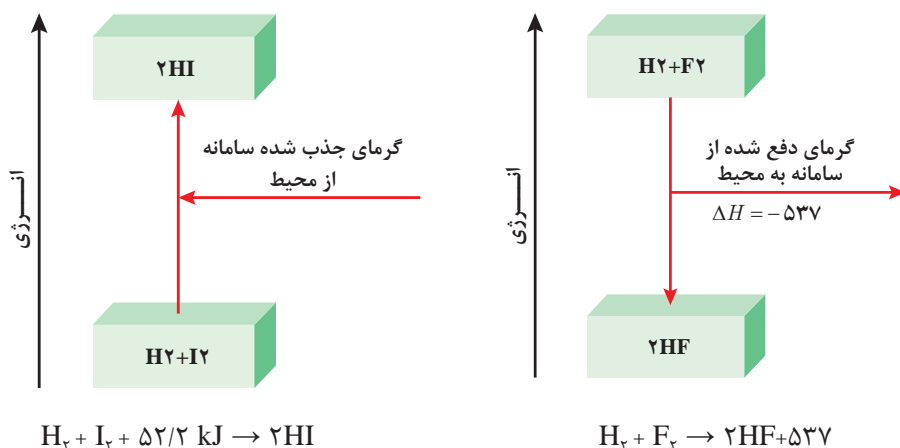
پاسخ:



تمرین:

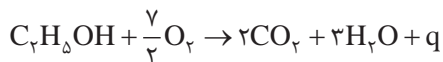
۱ نمودار تغییر انرژی برای واکنش های زیر را رسم کنید.

پاسخ:



۲ با استفاده از گرماهای تشکیل، گرمای سوختن الکل معمولی را محاسبه کنید.

پاسخ:



$\Delta H_f = [\text{مجموع گرمای تشکیل واکنش دهنده‌ها}] - [\text{مجموع گرمای تشکیل فراورده‌ها}]$

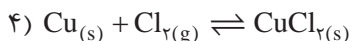
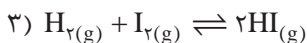
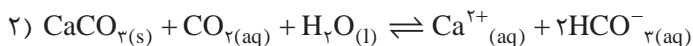
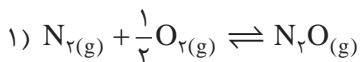
$$\Delta H_f = 7(-393/5) + 3(-241/8) - 1(-277/7) - 7/2(0) = -787 - 725/4 - 277/7 = -1790/1 \text{ kJ/mol}$$

۳ از حل شدن ۵ گرم آمونیم کلرید در آب، چه مقدار گرما در فشار ثابت نیاز است؟

پاسخ:

مطابق جدول ۴، حل شدن یک مول آمونیم کلرید در آب، ۱۵/۲ کیلوژول گرما نیاز دارد و یک مول آمونیم کلرید معادل ۵۳/۵ گرم است، بنابراین مقدار گرمای حاصل از ۵ گرم آن، ۱/۴۲ گرما نیاز دارد.

۴ همگن یا ناهمگن بودن هر یک از تعادل‌های زیر را مشخص کنید.



پاسخ:

تعادل واکنش‌های ۱ و ۳ همگن و ۲ و ۴ ناهمگن هستند.



## جدول ارزشیابی فصل تحلیل گرما و تعادل در واکنش ها

عنوان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص ها، دآوری، نمره دهی)	نمره
گرما و تعادل در واکنش ها	محاسبه گرما و واکنش ها	توانایی محاسبه گرما و واکنش های شیمیایی و به کار گیری عوامل مؤثر بر واکنش های تعادلی	بالاتر از حد انتظار	گرمای واکنش در فرایند حجم ثابت و فشار ثابت را بررسی کند. آنتالپی (گرمای سوختن، گرمای حل شدن، گرمای تشکیل) را توضیح دهد. روش های مختلف تعیین گرمای واکنش را معرفی کند. مفهوم فرایند تعادلی و تفاوت آن با فرایند یک طرفه را بیان کند. مفهوم ثابت تعادل و بررسی های عددی در موارد گوناگون را تفسیر کند.	۳
	بررسی عوامل مؤثر بر واکنش های تعادلی		در حد انتظار	فرایندهای گرماده و گرماگیر را شناسایی کند. اصل لوشاتلیه را در جابه جایی تعادل ها به کار برد. مفهوم ثابت تعادل و بررسی های عددی در موارد گوناگون را تفسیر کند.	۲
			پایین تر از انتظار	فرایندهای گرماده و گرماگیر را شناسایی کند. اصل لوشاتلیه را در جابه جایی تعادل ها به کار برد.	۱
	نمره مستمر از ۵				
	نمره شایستگی فصل از ۳				
	نمره فصل از ۲۰				