

درسنامه فصل ۲ شیمی یازدهم

« به نام خدا »

« در پی غذای سالم »

L

یکی از راه های آزاد کردن انرژی مواد، سوزاندن آنهاست. سوخت های مانند گازسختی، بنزین، آبن و زغال هنگام سوختن انرژی آزاد می کنند و این انرژی برای گرم کردن خانه، یخچال و غیره جهت حرکت درآوردن خودروها مصرف می شود. همچنین در غذای مانند ماکارونی و نودل نیز هنگام سوختن، انرژی آزاد می کنند. هر ماده غذایی انرژی دارد و میزان انرژی آن به جرم بستگی دارد که می سوزد. انرژی که می توان باعث تغییر در مواد، اما اینجای بی ماده به چیزی را نشان می دهد و با انرژی چه رابطه ای دارد مدنی است که دنبال خواصم کرد.

« دمای بی ماده »

آب دارای سه حالت منجمد، مایع - جامد و گازی باشد. در این ۳ حالت ذره های آب در حالت جنبشی است اما میزان جنبشی ذره های گاز بیشتر از مایع و جامد است. می توان نتیجه گرفت هر چه دمای بی ماده بیشتر باشد جنبشی ذره ها هم بیشتر است و به عبارت دیگر میانگین انرژی جنبشی ذره های سازنده آن بیشتر است.

* دمای بی ماده معیاری برای توصیف میانگین انرژی جنبشی ذره های سازنده آن است *

انرژی گرمایی

ذرات هوا را در مایع و در سب در نظر بگیرد در مایع چون دمای هوا بالاتر است انرژی جنبشی ذرات هم بالاتر است و اگر انرژی جنبشی ذره های سازنده بی نمونه ماده، هم از زاویه گرمایی آن باشد *

* هر چه دمای ذرات بیشتر باشد (جرم بیشتر) انرژی گرمایی بیشتر خواهد بود *

نتیجه: انرژی گرمایی بی نمونه ماده، کمتری است که هم به دما و هم به جرم ماده بستگی دارد.

« تفاوت دما و گرما »

در دمای بی ظرف مندی مقداری آب با دمای ۲۵°C بریزید. سپس درین آن بی تخم مرغ قرار دهید. بدین است که با گذشت زمان تخم مرغ در این دما منجمد می شود. البته ظرف را روی شعله اجاق گاز قرار داده و بی آن بماند. در این شرایط به تدریج دما افزایش یافته تا آنکه تخم مرغ بپزد خواهد شد.

در این تجربه، ۲۵°C تفاوت کمیت به نام دما را برای آب نشان می دهد. در واقع بیان دما توصیف بی و تجربی از ماده است. در حالی که برای افزایش دما و بی تخم مرغ بی ظرف دما داده شده است.

۲

و مثلاً به 75°C رسانده ایم تغییر دما در این فرآیند برای است با:

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 75^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 50^{\circ}\text{C}$$

مواردی از این دست نشان می دهد که تغییر دما برای توصیف یک فرآیند به کاری رود، در واقع انجام فرآیند است که می تواند باعث تغییر دما شود. در واقع با افزایش دما هم افزایش می یابد.

مقدار آنتروپی نیز توان به رابطه میان دما و فرکانس دارد. به صورت کلی طوری محسوس 200 گرم روغن زیتون را با دمای 25°C در اختیار دارید. آیا برای افزایش دمای آن به 50°C یا 75°C گرمای بیشتری نیاز است؟ پاسخ منی به این پرسش نشان می دهد که برای رساندن دمای روغن به 75°C باید گرمای بیشتری مصرف شود.

نقیده: دما با گرما رابطه مستقیم دارد

ظرفیت گرمایی

دو ظرف فلزی یکسان در دمای اتاق (25°C) در نظر بگیرید که یکی حاوی 200 گرم آب ردهی محسوس

200 گرم روغن زیتون است. اگر با گرما دادن، دمای هر دو را به 75°C برسانید و هم زمان محتویات تخم مرغی را با آرای به حرکت بیاورید با پدیده جالبی روبرو خواهید شد. این تخم مرغ در این دما درون آب یخته می شود اما در روغن زیتون تغییر محسوس مشاهده کرد.

با کمی تأمل می توان متوجه شد که روغن زیتون گرمای کمتری نیاز دارد تا به دمای 75°C برسد در واقع گرمای کمتری جذب می کند اما برعکس آب گرمای بیشتری جذب می کند این خصوصیت را می توان به ظرفیت گرمایی مواد نسبت داد و به صورت زیر تعریف کرد.

* ظرفیت گرمایی ماده هم ارز با گرمای لازم برای افزایش دمای آن به اندازه یک درجه سلسیوس است.

$$Q = C \Delta t \rightarrow \text{تغییر دما (}^{\circ}\text{C)} \quad \text{واحد} = \frac{\text{J}}{\text{}^{\circ}\text{C}}$$

ظرفیت گرمایی (گرمای) \downarrow ظرفیت گرمایی (گرمای) \downarrow

* ظرفیت گرمایی ویژه یک ماده برابر است با مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای 1 گرم ماده به اندازه 1 درجه سلسیوس.

$$C^* = c \times m \rightarrow \text{جرم (گرم)}$$

ظرفیت گرمایی (گرمای) \downarrow ظرفیت گرمایی (گرمای) \downarrow

$(\frac{\text{J}}{\text{}^{\circ}\text{C}})$ $(\frac{\text{J}}{\text{g}^{\circ}\text{C}})$

$$\Rightarrow Q = mc \Delta t$$

نکته: ظرفیت گرمایی در دمای اتاق فشار ثابت بستگی به نوع ماده و مقدار آن دارد. اما گرمای ویژه در این شرایط تنها به نوع ماده وابسته است.

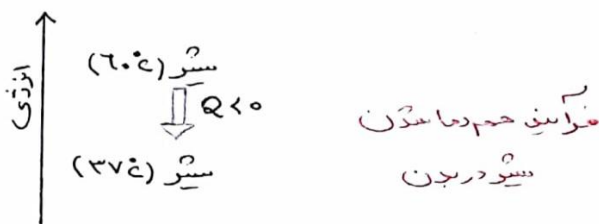
۳

«جاری شدن انرژی گرمایی»

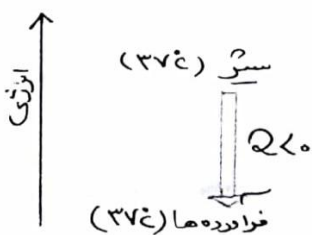
آونیک لیوان شیرگرم با دمای ۶۰°C را بخورم پس از ورود به بدن، نخست مقداری انرژی به ستن گرما از دست می دهد تا با بدن هم دما شود. ستنی دانه برای آسانتر بودن معنوم انرژی گرمایی، شیرگرم را سلانه درون محیط پیرامون آن در نظری می بیند. با این توصیف در این فزاین با جاری شدن انرژی از سلانه به محیط دمای سلانه کاهش می یابد (۵۵°C) این ویژگی نشان می دهد که Q<0 بوده و فزاینی گرماده سوکار داریم

$$\text{گرما} + \text{سیر} (۳۷°C) \longrightarrow \text{سیر} (۶۰°C)$$

انجام این فزاین را از دیواره انرژی می توان با نمودار ۲ نشان داد.



اما بخش عمده انرژی موجود در سیر هنگام فزاین گوارش و سوخت و ساز بدن می رسد. فزاینهایی که با انجام واکنش های شیمیایی گوناگونی همراه است. به این سوخت انجام این واکنش ها منجر به تولید انرژی و مواد اولیه مورد نیاز سوخت و ساز یا هم دماست



آزاد شدن انرژی در فزاین گوارش و سوخت و ساز سیر در بدن

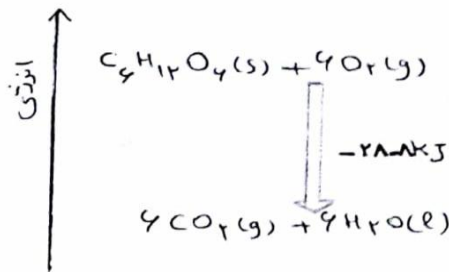
در این واکنش ها با این دما ثابت است (۳۷°C) اما باز هم میان سلانه محیط پیرامون، انرژی داده شده می شود

«گرما در واکنش های شیمیایی»

هر واکنش شیمیایی محلی است با تغییر دما، تولید رسوب، آزاد شدن گاز و ایجاد نور و صدا همراه است. اما یک ویژگی بنیادی در همه آنها داده شدن گرما به محیط پیرامون است.

از این دو مورد واکنش سیاهی محسوب است. نموده یا برآید باشد. بررسی و مطالعه این واکنشها منجر به پیروایش ترمودینامیکی (تولیدی) شد.

منبع انرژی در حین غذا خوردن، منبسطی که انرژی آن پس از انجام واکنشهای سیاهی گوناگون به بدن می رسد. درسی است که حرکات از این واکنشها می تواند نموده یا برآید باشد. واکنشهایی که برای انجام شدن با انرژی برآید جذب کنند یا از دست بدهند.

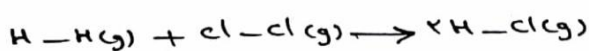


« آلسایدن لوز برای تولید انرژی در بدن »

در آلسایدن لوز با توجه به آزاد شدن گرما دمای بدن تغییر محسوسی نمی کند چون تمامی مواد واکنش دهنده در نوارده ثابت است، اما چرا! وجود دارد که میان سلولها واکنش و محیط بیرونی، دما ثابت می ماند؟ برای پاسخ به این پرسش واکنش بین گاز H_2 و گاز Cl_2 را بررسی کنیم در دمای 25°C با انجام سدیم واکنش علاوه بر گاز HCl گرمای زیادی تولید می شود. آزمایش نشان می دهد پس از تولید ۲ مول گاز HCl ، 184kJ گرما تولید می شود.

پس در محاسبه نشان می دهد این مقدار گرمای آزاد شده ناشی از ثابت انرژی گویای (مجموع انرژی جنبشی ذره ها) در مواد واکنش دهنده و نیز در درجه نیت و نیز در دمای ثابت تعادلی چگالی میان انرژی گویای وجود ندارد. نکته گرمای جذب یا آزاد شده در هر واکنش سیاهی را به طور عمده وابسته به تفاوت میان انرژی پیانسیل مواد واکنش دهنده و ذخیره شده می دانند.

انرژی نه ناشی از انرژیهای نه دارنده ذره ها است = انرژی پیانسیل یک نمونه



در هر دو مول از این مواد، تنها دو اتم با یک پیوند اشتراکی به یکدیگر متصل اند، اما نوع اتمهای متصل بهم در مولکول مشابهت از بیتری است در نتیجه استفاده از پیوندهای متعادل خواهد بود. برای این با انجام یک واکنش سیاهی، شیوه انتقال نیمی است که این تغییر تفاوت استواری در انرژی پیانسیل اتمها و این تفاوت به صورت گرما ظاهر می شود.

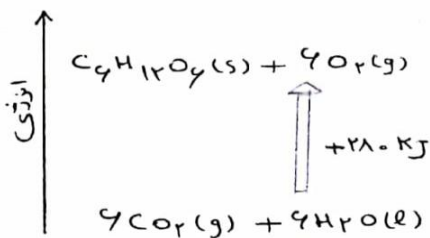
آسانی همان مستوی انرژی است: ذره های سازنده یک نمونه ماده افزون بر انرژی جنبشی، دارای انرژی پیانسیل متر هستند، ۲۰۰ گرم آب در همان شمار آسانی می توان یک نمونه ماده دانست و ظنمی که محتوی این نمونه باشد را ساده تر تولید

استاد: اوچانیان

مبحث: درسنامه تفضیلی شیمی یازدهم فصل ۲

۵

سیمی دانه انرژی کل چین سلیمان ای راهم ایز با محتوی انرژی یا آنتالپی آن ی دانند -
 با این توصیف هر سلیمان در حما و فشار ثابت آنتالپی معینی دارد. برچی است که با انجام واکنش سیمیای ترمالیز در یک سلیمان، مواد با محتوی انرژی (آنتالپی) کمتر به موادی با انرژی (آنتالپی) بیشتر تبدیل ی شوند.



آنتالپی واکنش در ترمودینامیک

انجام این واکنش، برخلاف آنتالپی بودن با جذب انرژی همراه است. از آنجا که دارد سدی انرژی در واکنشها به طور عمده به شکل گرما ظاهر ی شود، سیمی دانه تغییر آنتالپی هر واکنش راهم ایز با گرمایی دانند که در فشار ثابت با محیط بیرون داد و ستدی کند و آن را با Q_p نشان ی دهند.

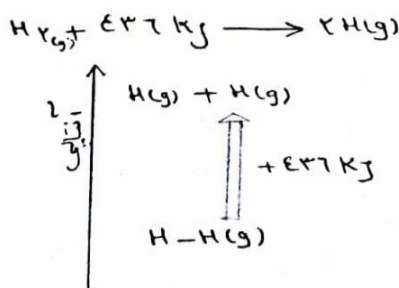
همان آنتالپی «H» در حالی که نماد تغییر آنتالپی « ΔH » ی باشد کعبی که با رابط زیر بیان ی شود:

$$Q_p = H(\text{مواد واکنش دهنده}) - H(\text{مواد فرآورده}) = \Delta H(\text{واکنش})$$

«انواع آنتالپی و نحوه تعیین آنها»

۱) آنتالپی پیوند میانگین آن

انجام یک واکنش سیمیای نشان از تغییر در سبب اتصال اتمها به یلایر است که به تغییر در ساختار و خواص مواد منجر ی شود. یکی از خواهی که در واکنش های سیمیای تغییر ی کند، محتوی انرژی مواد است. از اینور ی توان آنتالپی یک واکنش را بر اساس انرژی پیوند مواده در واکنش دهنده حساب کرد. به عنوان مثال مولکول $\text{H}_2(\text{g})$ را در نظر بگیرید برای شناسنی پیوند بین هیورودن معا، 436 kJ انرژی نیاز داریم به عبارت سیر انرژی پیوند $\text{H}-\text{H}$ 436 kJ است.



استاد: اوچانیان

مبحث: درسنامه تفضیلی شیمی یازدهم فصل ۲

۱

دانش تملیک یونهای متان را در نظر بگیرید:



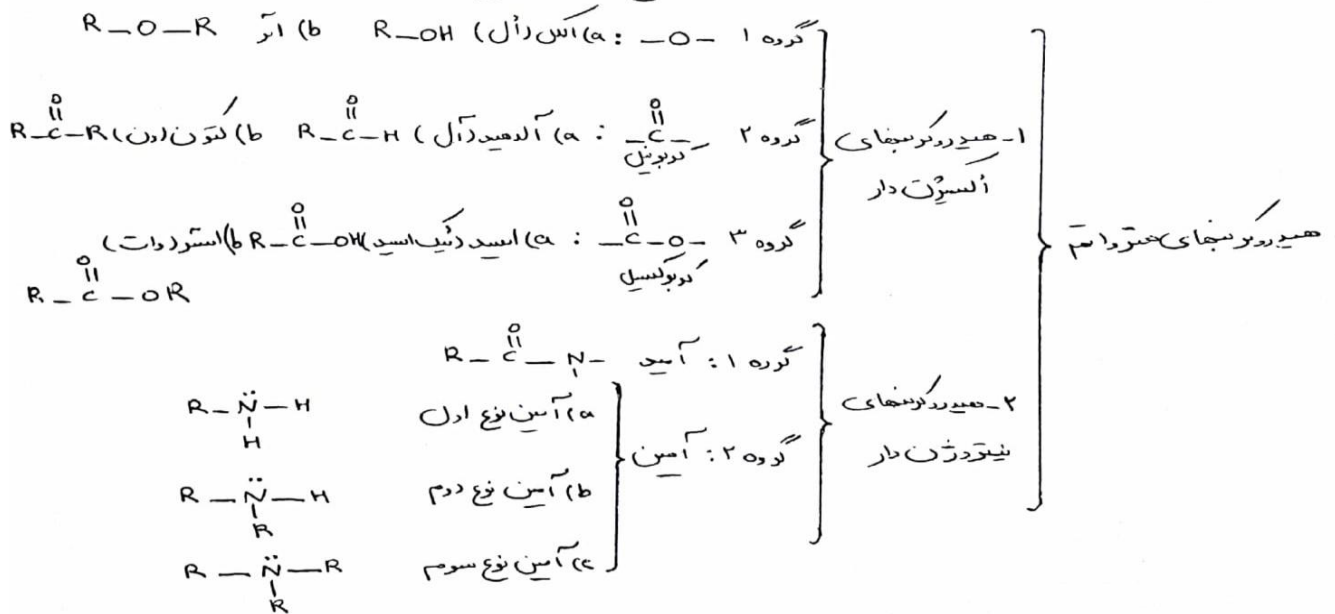
CH₄ دارای ۴ پیوند C-H است و معبراً ۱۴۴۰ KJ انرژی نیاز دارد این پیوندها شکسته شود با تقسیم این عدد بر ۴، انرژی پیوند (C-H) ۳۶۰ KJ خواهد شد.

به طور کلی برای محاسبه آنتالپی سوکولهای حیذاتی به صورت زیر عمل کنیم:

$$\Delta H = \left[\begin{array}{l} \text{مجموع انرژی پیوند} \\ \text{متاورده ها} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{مجموع انرژی پیوند} \\ \text{واکنش دهنده ها} \end{array} \right]$$

گروه های عاملی در هیدروکربن ها

در فصل ۱ با هیدروکربن ها و نامگذاری آنها آشنا شدیم در ادامه آن نامگذاری ها با هیدروکربن های مختروا تم آشنای سوم، هیدروکربنهای با گره های عاملی به طور کامل شرح آن را می دهیم.



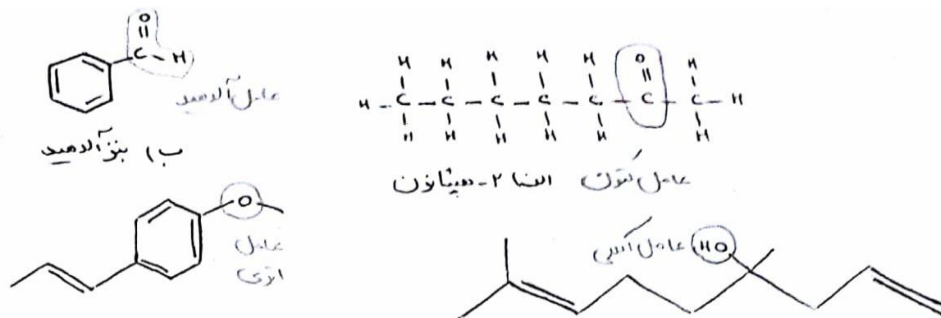
مثال از نامگذاری گره های عاملی:

اسید	استر	کتون	آلدهید	ایتر	آکس
$CH_3-C(=O)-OH$	$CH_3-C(=O)-O-CH_3$	$CH_3-C(=O)-CH_3$	$H-C(=O)-H$	CH_3-O-CH_3	CH_3OH
اسید استیک	متیل متانوآت	پروپانون	متانال (نومالدهید)	دی متیل اتر	متانول
$CH_3-C(=O)-OH$	$H-C(=O)-O-CH_3$	$CH_3-CH_2-C(=O)-CH_3$	$CH_3-C(=O)-H$	$C_2H_5-O-C_2H_5$	C_2H_5OH
اسید استیک	متیل متانوآت	۲ پنتانون	استالدهید (آتانال)	دی اتیل اتر	اتانول

استاد: اوحانیان

مبحث: درسنامه تفضیلی شیمی یازدهم فصل ۲

۷



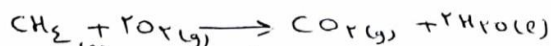
مثال:

۲) آنتالی سوختن

کباب بودن انواع گوشت، مغزای مارپردی، روغنهای از روغنهای درختی و درخت آنتالی سوختن در زندگی است.
 از دیواره سیمایی درجه غذای کبابی که تا افزون بودک درخت آنتالی و آنتالی سوختن مواد، به ارزش غذای انواع
 خوراکی هاست توجه شود.

آسکلر است که تقیه مرغذای بومی به انرژی نیاز دارد، انرژی که به طور عمده از رانش سوختن سوخت های مسیل
 تأمین می شود. یکی از این سوخت ها متان است که بعضی عمده گاز شهری را تشکیل می دهد.

معای هیدروکربنها از جمله متان، اتان، پروپان و ... برآبی سوخت و تبدیل به H_2O و CO_2 می شوند



سیمی دانها بر اساس این واکنش ها، آنتالی سوختن یک ماده را هم ارز با آنتالی واکنشی ی دانند که در آن
 یک مول ماده در آنتالی کافی به طور کامل بسوزد جدول ۶ آنتالی سوختن برخی ترکیب های آلی را در ۲۵°C
 نشان می دهد.

«آنتالی سوختن برخی ترکیب های آلی»

حاده آلی	آنتالی سوختن (kJ.mol ⁻¹)	حاده آلی	آنتالی سوختن (kJ.mol ⁻¹)
CH ₄ (g)	-۸۹۰	C ₂ H ₂ (g)	-۱۳۰۰
C ₂ H ₄ (g)	-۱۵۲۰	C ₃ H ₄ (g)	-۱۹۳۸
C ₂ H ₆ (g)	-۱۴۱۰	C ₂ H ₅ OH(l)	-۷۲۶
C ₃ H ₈ (g)	-۲۰۵۸	C ₂ H ₅ OH(l)	-۱۳۴۸

ارزش سوختی برخی خوراکی ها - سوختی بر وجهه و رات، چربی و پروتئین

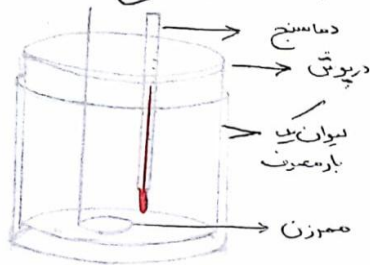
خوراکی	نان	پنیر	تخم مرغ	شکلات	سیر	بادام زمینی
ارزش سوختی kJ/g	۱۱/۵	۲۰	۶	۱۸	۳	۲۳

Δ

با مقایسه واحد ارزش سوختی (KJ/g) با واحد آنتالپی سوختن (KJ/mol) می توان نتیجه گرفت که می توان ارزش سوختی را با دست چپم حلی ترکیب از روی آنتالپی سوختن حساب کرد.

۳- تعیین سیستم ΔH یک واکنش (ترماسنجی)

در این روش تعیین آنتالپی واکنش از دستمایه نام گرماسنج استفاده می شود. نمونه ساده ای از آن می توان از دو لیوان یک پار مصرف (پلی استایرنی) تهیه کرد، لیوان های که عایق گرما هستند. این دو لیوان را درون هم قرار دهید و در پوششی از فونولیت که در آن گرماسنج و همزن تعبیه شده مجهز کنید، یک گرماسنج لیوانی ساخته اید.



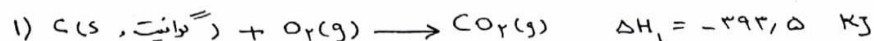
درون این سامانه، نخست مقدار مشخصی آب یا محلول رقیق درمای آغازی آن تعیین می شود. پس از افزودن ماده گرمه آن واکنش انجام می شود، دمای لیوانی مشخص می شود. اینک با استفاده از گرم مواد موجود درمای ویژه آنجا می توان گرمای واکنش را شمار نامت حساب کرد، گرمای که هم از آنتالپی واکنش است.

۴- تعیین آنتالپی از طریق قانون Hess (میز مستقیم)

مکان ساده ترین هیدروکربن و ونسیستین عضو خانواده آلکانها، بنفش عمده گاز طبیعی را تشکیل می دهد. این گاز از تجزیه گیاهان به وسیله باکتری های بی هوازی نیز در زیر آب تولید می شود.



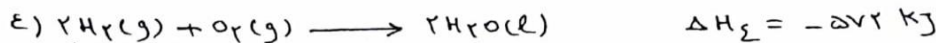
گاز متان را می توان از واکنش کربن و هیدروژن به دست آورد. زیرا که تأمین شرایط بهینه برای انجام این واکنش بسیار دشوار و پرهزینه است به همین دلیل برای تعیین ΔH این واکنش می توان از واکنشهای دیگری بهره برد که پیش از این ΔH آنها تعیین شده است. این واکنش های ترموشیمیایی می تواند واکنش سوختن یک مول گاز هیدروژن و یک مول گاز متان باشد که معادله حرکتی از آنها در ۲۵°C به صورت زیر است:



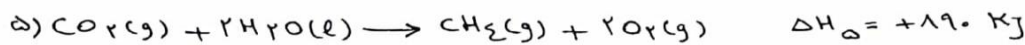
با لگی دست درمی یابید که به آسانی می توان از جمع سه واکنش ترموشیمیایی بالا به واکنش مورد نظر رسید. باید واکنش های ۱ و ۲ را همانند بررسی کرد و با واکنش اصلی به تسلیح متان است مقایسه کرد.

۱ از متابله واکنش ۱ و واکنش اصلی متوجه می شویم که واکنش تغییر می کند چون (S) درست چپ است و در واکنش اصلی جمع سمت چپ (مواد اولیه)

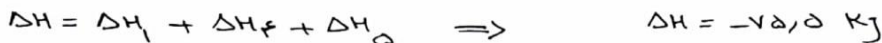
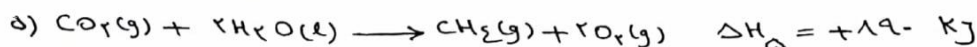
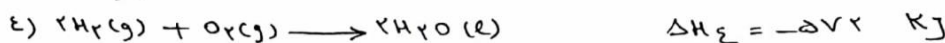
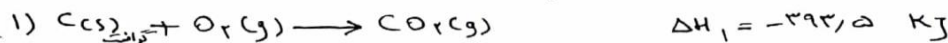
در واکنش ۲، H₂ ست چپ است همانطور که در واکنش اصلی سمت چپ است با این تفاوت که در واکنش اصلی ۲ مول هیدروژن (۲H₂) داریم پس واکنش ۲ را در مرتبه ۲ ضرب می کنیم:



از متابله واکنش ۳ با واکنش اصلی می بینیم که همان (CH₄) در واکنش ۳ درست چپ است در حالی که در واکنش اصلی سمت راست واکنش ۳ وارد می کنیم.



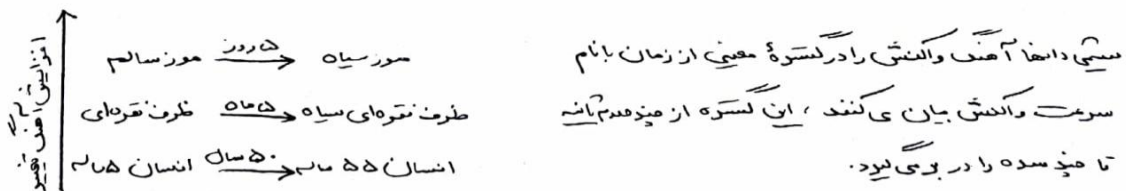
حال با جمع کردن معادله های ادره ۵ به معادله اصلی می رسم.



از آنجایی که گرمای واکنش به راهی که برای انجام آن در میین گرفته وابسته نیست می توان به (درسهای غیر مستقیم برای تعیین ΔH متوسل شد) به این قانون، قانون هسی می گویند. بیان علمی قانون هسی به صورت زیر است «آب معادله واکنشی را بتوان از جمع معادله دریا چند واکنش دیگر به دست آورد، ΔH آن نیز از جمع جبری ΔH همان واکنش ها به دست می آید.»

«آهنگ واکنش»

آهنگ واکنش بیان از زمان ماندگاری مواد است، کمیتی که نشان می دهد هر تغییر شیمیایی در چه لستره ای از زمین رخ می دهد. هرچه لستره زمان انجام آنها کوچکتر باشد، آهنگ انجام تندتر است و واکنش سریعتر انجام می شود.



۱- طبق بررسی های انجام شده زمان انجام واکنش به عوامل گوناگون وابسته است. به نوبتی که برای کاهش یا افزایش سرعت انجام واکنش های توان عوامل مانند دما، غلظت، نوع مواد واکنش دهنده، کاتالیزور و سطح تماس واکنش دهنده ها را تغییر داد.

واکنش های شیمیایی در طبیعت، صنعت و آزمایشگاه با سرعت های متفاوت انجام می شوند. یعنی از واکنش ها از جمله واکنش های صنعتی معینده و ضروری است مانند تهیه داروها و بعضی ها مانند خوردگی و ساینده های غیر ضروری (مانند فرآیند سیم) و بعضی از یک سو در پی یافتن راه های برای کاهش سرعت یا توقف واکنش های ناخواسته و از سوی دیگر به دنبال سرعت بخشیدن به واکنش های هستند که بتوان فرآورده های گوناگون با صرفه اقتصادی تولید کنند. برای دستیابی به چنین اهدافی باید درباره شرایط و متغیرهای انجام واکنش های شیمیایی و عوامل مؤثر بر سرعت آنها آگاهی داشته باشند. نسبت به شیمیایی سه نای از شیمی است که این آگاهی را در اختیار ما می گذارد.

«سرعت واکنش از دیدگاه کمی»

اما سرعت واکنش در پژوهش های علمی، فناوری نو، تولید فرآورده های دارویی و ... اهمیت دارد و باید با دقت اندازه گیری شود.

در یک واکنش شیمیایی با گذشت زمان، واکنش دهنده ها مصرف و فرآورده ها تولید می شوند، می توان این سرعت واکنش دهنده ها و تولید فرآورده ها را در بازه های از زمان اندازه گیری کرد.

به طور کلی برای تعیین سرعت یک واکنش تغییرات حول غلظت را به تغییرات زمان بررسی می کنیم. واکنش در برورد را در نظر بگیرید:



اگر بر حسب غلظت باشد:

$$\text{سرعت واکنش} = \frac{-\Delta[A]}{a \Delta t} = \frac{-\Delta[B]}{b \Delta t} = \frac{+\Delta[C]}{c \Delta t} = \frac{+\Delta[D]}{d \Delta t}$$

($\frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}$)

اگر بر حسب مول باشد:

$$\text{سرعت واکنش} = \frac{-\Delta n_A}{a \Delta t} = \frac{-\Delta n_B}{b \Delta t} = \frac{+\Delta n_C}{c \Delta t} = \frac{+\Delta n_D}{d \Delta t}$$

($\frac{\text{mol}}{\text{s}}$)

نکته: برای محاسبه تغییرات به صورت $n_2 - n_1$ یا $[A_2] - [A_1]$ که باشد چون مقدار اولیه کمتر از مقدار اولیه می باشد

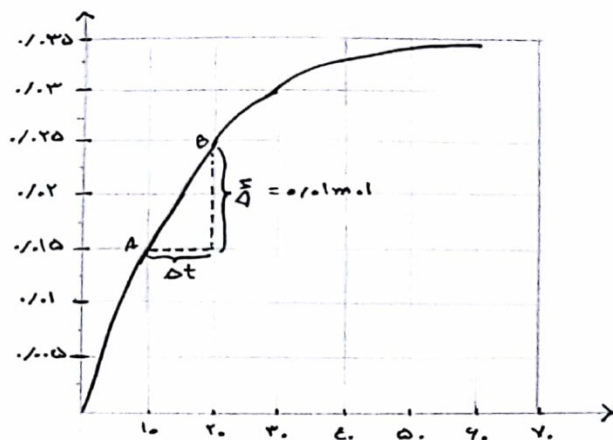
از لحاظ عددی مقداری منفی می شود و از آنجایی که سرعت منفی معنای ندارد خودمان علامت (-) قراردادی می دهیم.

سرعت متوسط و نسبت مقدار مول - زمان

با جدولی مناسب سرعت متوسط تولید فرآورده در یک واکنش شیمیایی آشنا شوید. کمی دیگر از راه های محاسبه سرعت واکنش شیمیایی محاسبه نسبت مقدار مول زمان می باشد برای بررسی بیشتر واکنش کلسیم کربنات با هیدروکلریک اسید نشان می دهد:

$$\text{CaCO}_3(s) + 2\text{HCl}(aq) \rightarrow \text{CaCl}_2(aq) + \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$$

۱۱



در این نمودار نقطه A نشان ی دهد که در زمان $t_1 = 1.0\text{ s}$ ، مول های کلسیم کلرید برابر با $n_1 = 0.15\text{ mol}$ مول داشته

B نشان ی دهد که در زمان $t_2 = 2.0\text{ s}$ ، مول های این ماده برابر با $n_2 = 0.25\text{ mol}$ مول است از این رو :

$$\Delta n(\text{CaCl}_2) = n_2 - n_1 = 0.25\text{ mol} - 0.15\text{ mol} = 0.1\text{ mol}$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 2.0 - 1.0 = 1.0\text{ s}$$

نسبت ، سبب خط AB در نمودار مول - زمان است . این نسبت علامت مثبت دارد ، سرعت متوسط کلسیم کلرید را در بازه زمانی ۱.۰ تا ۲.۰ ثانیه مشخص ی کن .

سبب نمودار مول - زمان با بیشترین زمان گذری ی شود . تا اینکه از ۵.۰ s به بعد برابر صغری شود .

یعنی این واکنش با گذشت ۵.۰ ثانیه به پایان رسیده است .