

Endotermické a exotermické reakce

Potřebujete zahřát nebo zchladit?

Obsah

Úvod	2
Cíle.....	2
Teoretický úvod.....	3
Motivace studentů	5
Doporučený postup.....	5
Příprava úlohy.....	6
Materiály pro studenty.....	6
Záznam dat.....	6
Analýza dat.....	7
Syntéza a závěr.....	7
Hodnocení	7
Internetové odkazy.....	8
Pracovní návod.....	9
Zadání úlohy.....	9
Pomůcky	9
Bezpečnost práce	10
Teoretický úvod.....	10

Příprava úlohy (praktická příprava)	11
Postup práce	11
Nastavení HW a SW	11
Příprava měření	12
Vlastní měření (záznam dat).....	13
Analýza naměřených dat.....	14
Pracovní list učitele.....	15
Slovníček pojmů.....	15
Teoretická příprava úlohy	16
Vizualizace naměřených dat.....	17
Vyhodnocení naměřených dat.....	17
Závěr	18
Pracovní list studenta	19
Slovníček pojmů.....	19
Teoretická příprava úlohy	19
Vizualizace naměřených dat.....	21
Vyhodnocení naměřených dat.....	22
Závěr	22

 **Zařazení do výuky**

Experiment je vhodné zařadit v rámci učiva o energetice chemických reakcí, ale také např. v rámci klasifikace chemických reakcí.

 **Tip 1**

Ve vyšších ročnících je možné zařadit variantu experimentu, kdy budou reakce probýhat v kalorimetru o známé tepelné kapacitě. Bude tak možné porovnat teoreticky vypočtenou a experimentálně zjištěnou celkovou tepelnou bilanci chemické reakce. Reakční teplo je samozřejmě možné vypočítat i z měření, která nejsou provedena v kalorimetru. Musíme ale počítat s tím, že naše soustava nebude izolovaná, a tak bude výsledek zatížen značnou chybou.

 **Časová náročnost**

Jedna hodina (1 × 45 min).
Čas se vztahuje k základní uvedené variantě včetně úvodní diskuse a vyhodnocení výsledků. Pokud budete chtít sledovat změny reakčního tepla v souvislosti s množstvím použitých reaktantů, je vhodné koncipovat cvičení jako dvouhodinové.

 **Chemikálie**

- **Hydroxid barnatý** Ba(OH)_2

R 20/22–34

S 26–36/37/39–45

Souhrn:

Používejte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle. V případě úrazu nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc. Zdraví škodlivý při vdechování a při požití. Způsobuje poleptání.

Nebezpečnost: C

Úvod

V následujícím laboratorním cvičení využijí studenti teplotní čidlo ke studiu tepelného zabarvení chemické reakce. Při celé řadě chemických reakcí, které studenti znají, se uvolňuje značné množství tepla. Běžných reakcí, při nichž naopak dochází k ochlazování (teplo je odebráno od okolního prostředí) studenti znají podstatně méně. V tomto cvičení jsou vybrány takové chemické reakce, které jsou dobře proveditelné ve školních podmínkách, a současně jsou „dostatečně“ exotermické i endotermické.

Cíle

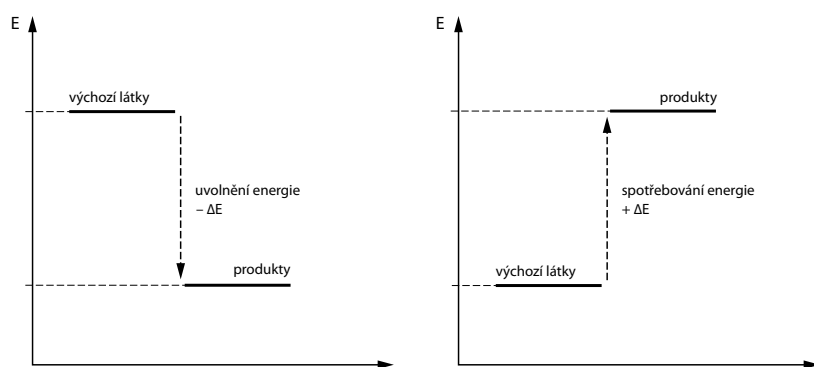
Studenti by měli zvládnout:

- použít odpovídající instrumentální vybavení (teplotní čidlo Pasco) ke studiu exotermických a endotermických reakcí,
- analyzovat a vyvodit závěry z grafu časové změny teploty zaznamenané v průběhu chemické reakce,
- použít teplotní čidlo k záznamu změn teploty v průběhu dvou různých reakcí,
- na základě experimentálního zjištění určit endotermickou a exotermickou reakci.

Teoretický úvod

Celá řada chemických reakcí je doprovázena uvolňováním tepla. Mezi nejznámější patří například hoření. Hořící dřevo či uhlí jistě viděl každý ze studentů.

Taková reakce, při níž dochází k uvolňování energie formou tepla, je označována jako **exotermická**. Průběh exotermické reakce je naznačen na obr. 1. Je vidět, že původní energie reaktantů je výše než energie produktů. V průběhu tohoto chemického děje tedy muselo dojít k uvolnění energie. Druhým případem jsou reakce, při nichž je energie formou tepla naopak spotřebovávána. Tyto reakce označujeme jako **endotermické**. Průběh endotermické reakce je zachycen na obr. 2. Zde jsou výchozí látky energeticky níže než produkty. Energie byla v průběhu uvedeného děje spotřebována.



Obrázek 1

Obrázek 2

Pokud bychom sledovali průběh reakce podrobněji, zjistili bychom, že nejdříve je třeba překonat určitou energetickou bariéru – dodat počáteční energii, tzv. **aktivační energii** (E_A). Tím je umožněn vznik **aktivovaného komplexu**, který se následně rozpadá na produkty. Křivka, která popisuje průběh reakce se nazývá **reakční koordináta**. Příklady jsou uvedeny na obr. 3 a 4.

• Thiokyanatan amonný NH_4SCN

R 20/21/22–32–52/53

S 13–61

Souhrn:

Zdraví škodlivý při vdechování, styku s kůží a při požití. Uvolňuje toxický plyn při styku s kyselinami. Škodlivý pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí.

Nebezpečnost: X_n, E

• Peroxid vodíku H_2O_2 (30%)

R 22, R 37/38, R 41

S 17, S 26, S 28, S 36/37/39, S 45

Souhrn:

Zdraví škodlivý při požití. Nebezpečí vážného poškození očí. Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc. Používejte osobní ochranné prostředky pro oči a obličej.

Nebezpečnost: X_n

• Oxid mangančitý MnO_2

R 20/22

S 25

Souhrn:

Zdraví škodlivý při vdechování a požití. Zamezte styku s očima.

Nebezpečnost: X_n

Historie

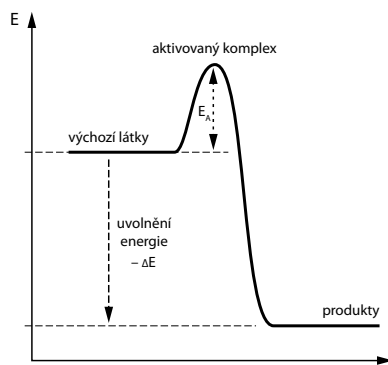
Studiem termochemie se zabýval již Antoine-Laurent de Lavoisier a Pierre-Simon Laplace. Z jejich práce vzešel roku 1782 první termochemický zákon (**Lavoisierův-Laplaceův zákon**), který říká, že reakční teplo přímé a zpětné reakce je až na znaménko stejné.

Následně byl roku 1840 formulován Germain Henri Hessem druhý termochemický zákon (**Hessův zákon**), který říká, že výsledné reakční teplo chemické reakce nezávisí na způsobu přeměny reaktantů v produkty, ale pouze na počátečním a konečném stavu.

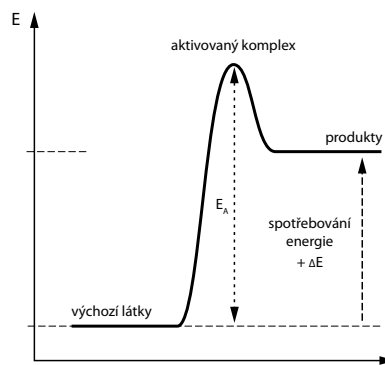
Tím je umožněn výpočet reakčního tepla určité reakce ze známých reakčních tepel jiných reakcí. Často se k těmto výpočtům používají tzv. spalná nebo slučovací tepla, která najdeme v chemických tabulkách.



Germain Henri Hess



Obrázek 3



Obrázek 4

Každá chemická reakce je doprovázena určitou změnou energie. Tato energie se může projevit zmíněnou změnou tepla. Takové teplo nazýváme **reakčním teplem** a vyjadřujeme ho pomocí změny tzv. **entalpie** (ΔH , je vyjádřena v kJ/mol). Teplo, uvolněné či pohlcené při reakci, závisí na množství reagujících látek, na jejich skupenství a na způsobu, jakým reakce probíhá.

Uskuteční-li se chemická reakce v jednotkovém rozsahu (tj. zreagují taková látková množství reaktantů, jaká udávají stechiometrické koeficienty v chemické rovnici tohoto děje), pak uvolněné (či pohlcené) teplo je tzv. **molární teplo**, označované jako Q_m . Pokud probíhá děj za konstantního tlaku je $Q_m = \Delta H$.

Při **exotermickém** ději, kdy se teplo uvolňuje, je hodnota ΔH **záporná**, protože soustava předala teplo do okolí a je o tuto energii chudší. V případě **endotermického** děje je hodnota ΔH **kladná**, protože soustava energii od okolí přijala.

Reakce vodíku s kyslíkem je příkladem reakce exotermické. Jedná s o známé hoření vodíku. Reakci zapíšeme tímto způsobem:



Reakce uhlíku se sírou, při níž vzniká sirouhlík je naopak reakcí endotermickou. Zápis bude vypadat takto:



V následujícím praktickém cvičení se pokusíme u dvou různých reakcí zjistit, zda jde o reakce exotermické či endotermické.

Motivace studentů

Sportovci znají speciální „sáčky“, které jsou schopny dlouhodobě hřát nebo chladit. Pokud máme takový „sáček“ k dispozici, je vhodné začít motivační část jeho použitím (hřející sáček se dá koupit v každém outdoorovém obchodě, ochlazující ve sportovních obchodech). Studenty necháme přečíst složení uvedené na sáčku. Studenti se zamyslí nad tím, co bylo nutné před použitím sáčku udělat. Jak je možné, že sáček hřeje či chladí? Studenti se pokusí vysvětlit princip fungování termo-sáčků. (Studenti odvodí, že změna teploty sáčku patrně souvisí s probíhajícím chemickým dějem. Pokud se sáček zahřívá, teplo se při chemické reakci uvolňuje – reakce je exotermická. U druhého sáčku se naopak teplo spotřebovává z okolí a sáček se ochlazuje – reakce je endotermická.)

Na závěr vyzveme studenty k uvedení dalších chemických dějů, při nichž dochází k zahřívání či ochlazování.

(Vhodné je připomenout také možnost ochlazování či ohřívání na základě fyzikálních principů a vazbu na biologii – např. vnímání tepla pomocí termoreceptorů v pokožce.)

Doporučený postup

1. Každá pracovní skupina obdrží „pracovní návod“ a každý student dostane „pracovní list“. Studenti si nejprve přečtou návod a teprve pak začnou s přípravou vlastního experimentu.
2. Dopoučujeme, aby každý člen pracovní skupiny dostal svůj specifický úkol. Pro čtyřčlennou skupinu například:
 - *student 1* – vedoucí týmu – ručí za to, že skupina bude při práci postupovat podle pracovního návodu, koordinuje vyplňování pracovních listů a vyplněné pracovní listy vybírá (každý student si vyplní svůj pracovní list),
 - *student 2* – odměřuje/navazuje potřebná množství chemikálií,
 - *student 3* – připraví potřebnou aparaturu (na stojan umístí držáky na zkumavky, vybere zkumav-

Slovníček pojmů

EXOTERMICKÁ REAKCE
ENDOTERMICKÁ REAKCE
ENTALPIE
REAKČNÍ TEPLŮ

Viz pracovní list (učitel).

Přehled pomůcek

- počítač s USB portem
- PASPORT USB Link (Interface) nebo Xplorer
- PASPORT teplotní čidlo
- software DataStudio
- Ba(OH)₂
- NH₄SCN
- H₂O₂ (30% roztok)
- MnO₂
- zkumavky (2 ks), střední
- pipety s balónkem (2 ks), 5 ml
- popisovač zkumavek (lihový fix)
- stojánek na zkumavky
- *pracovní návod*
- *pracovní list*
- *ochranné pracovní pomůcky*

ky odpovídající velikosti, ověří možnost zasunutí nerezového teplotního čidla až na dno zkumavky, ...),

- *student 4* – zodpovídá za přípravu systému PASCO k měření teploty (spuštění PC a SW DataStudio, kontrola připojení odpovídajícího čidla, ověření funkčnosti, ...).

3. Připojte zařízení přes USB rozhraní k počítači (viz obr. 5).



Obrázek 5

4. Vyberte odpovídající soubor DataStudia (**10_reakni_teplo.ds**) a pokračujte podle postupu uvedeného v „pracovním návodu“.

Příprava úlohy

Nechte studenty vyplnit (za domácí úkol nebo, pokud máme dvouhodinové praktikum, na začátku práce) slovníček a přípravnou část úlohy v „pracovním listě“. Je nezbytné, aby studenti tyto části vypracovali před vlastní experimentální činností.

Zjistěte, jak studenti přípravnou část úlohy vypracovali.

Materiály pro studenty

„Pracovní návod“ postupně provede studenty („krok za krokem“) celou úlohou.

„Pracovní list“ slouží studentům k zaznamenání získaných dat, jejich analýze a pochopení.

Záznam dat

Postup při zaznamenávání dat je popsán v „pracovním listě“. Upozorněte studenty na to, že před vlastním započítím měření je třeba úloze opravdu porozumět.

Analýza dat

Naměřená data použijí studenti ke zodpovězení otázek v „pracovním listu“.

Upozorněte studenty na souhrnné otázky. V učitelské verzi pracovního listu jsou uvedeny typické odpovědi studentů.

Syntéza a závěr

Po skončení experimentální činnosti shrneme získané poznatky o reakčním teple, exotermických a endotermických dějích. Jedna z provedených reakcí byla exotermická a jedna endotermická.

I bez použití měřicího přístroje bylo možné, přiložením ruky na zkumavku, snadno zjistit zda dochází k uvolňování tepla (ohřívání), či k jeho spotřebě z okolí (ochlazování).

Reakce, při nichž dochází k uvolňování tepla jsou exotermické, reakční teplo v tomto případě zapisujeme se záporným znaménkem. Reakce, při kterých se teplo spotřebovává, a tím pádem dochází k ochlazování, nazýváme endotermické. Reakční teplo u endotermických reakcí zapisujeme s kladným znaménkem.

Hodnocení

(Viz dříve uvedené cíle.)

- Sestavili a použili studenti laboratorní zařízení správně?
- Postupovali korektně podle pracovního postupu?
- Pochopili studenti rozdíly mezi exotermickými a endotermickými ději?
- Vypracovali studenti správně své pracovní listy?
- Stanovili maximální (minimální) dosaženou teplotu v průběhu reakce správně?
- Jsou studenti schopni zdůvodnit případné rozpory mezi teoretickým a skutečným výsledkem?

Tip 2

V případě, že se jedná o studenty vyššího ročníku, je vhodné rozšířit analýzu naměřených dat o výpočet reakčního tepla pro reakci rozkladu peroxidu vodíku. Pokud nemáme k dispozici kalorimetr se známou tepelnou kapacitou, můžeme orientačně vycházet z tepelné kapacity vody (reakce probíhá ve vodném prostředí, vody je nadbytek).

K výpočtu můžeme použít následující vztah: $Q = c \cdot m \cdot \Delta t$ (c je měrná tepelná kapacita, $c(\text{H}_2\text{O}) = 4,182 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$; m je hmotnost, v našem případě můžeme zanedbat hustotu a počítat s hustotou vody, potom $m = 5 \text{ g} = 0,005 \text{ kg}$; Δt je změna (absolutní rozdíl) mezi počáteční a maximální/minimální teplotou. Hodnota Q vychází v našem provedení reakce s peroxidem vodíku přibližně 520 J.

Tip 3

Pokud úlohu vypracovávají studenti vyšších ročníků, je vhodné zmínit funkci MnO_2 jako katalyzátoru podrobněji, včetně zakreslení reakční koordináty pro průběh reakce s katalyzátorem a bez katalyzátoru. Možné je např. zakreslit dvě různé reakční koordináty a dát studentům na výběr, která křivka asi vyjadřuje reakci s katalyzátorem. Studenti odpověď správně vyvodí z různé velikosti potřebné aktivační energie.



Pasco zdroje

Na stránkách www.pasco.com a www.pasco.cz naleznete řadu dalších zdrojů.



Internetové odkazy

Exotermické a endotermické děje

<http://en.wikipedia.org/wiki/Exothermic>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Endothermic>

Termochemie

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Termochemie>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Thermochemistry>

Kalorimetrie

<http://en.wikipedia.org/wiki/Calorimetry>

Pierre-Simon Laplace

http://en.wikipedia.org/wiki/Pierre-Simon_Laplace

Antoine Lavoisier

http://en.wikipedia.org/wiki/Antoine_Lavoisier

CHEMIE

laboratorní cvičení č. 10

10
• CHEMIE**Endotermické a exotermické reakce (návod)****Zadání úlohy**

Prostudujte dvě různé chemické reakce a rozhodněte, která z nich je exotermická a která endotermická.

Pomůcky

- počítač s USB portem
- PASPORT USB Link (Interface) nebo Xplorer
- PASPORT teplotní čidlo
- software DataStudio
- Ba(OH)₂
- NH₄SCN
- H₂O₂ (30% roztok)
- MnO₂
- zkumavky (2 ks), střední
- pipety s balónkem (2 ks), 5 ml
- porcelánová lodička
- popisovač zkumavek (lihový fix)
- stojánek na zkumavky
- stojan a držák na zkumavky
- *pracovní návod*
- *pracovní list*
- *ochranné pracovní pomůcky*



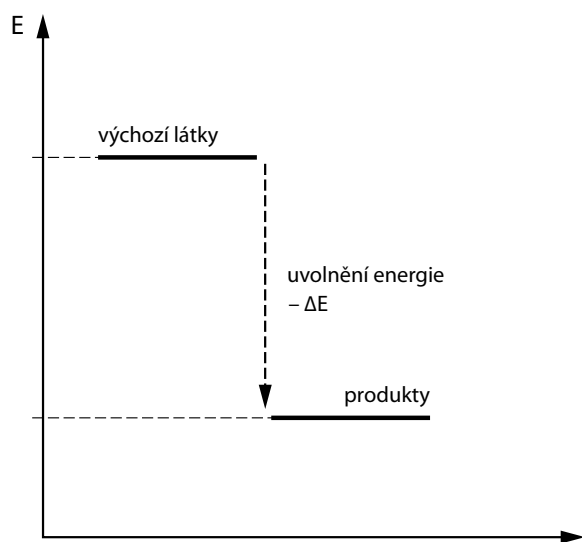
Bezpečnost práce

Pracujte pečlivě a v souladu s pracovním návodem. S chemikáliemi zacházejte vždy dle instrukcí pedagoga. Nikdy nepipetujte ústy (vždy používejte balónek). V laboratoři používejte ochranné brýle, plášť a případně další pomůcky v souladu se správnou laboratorní praxí.

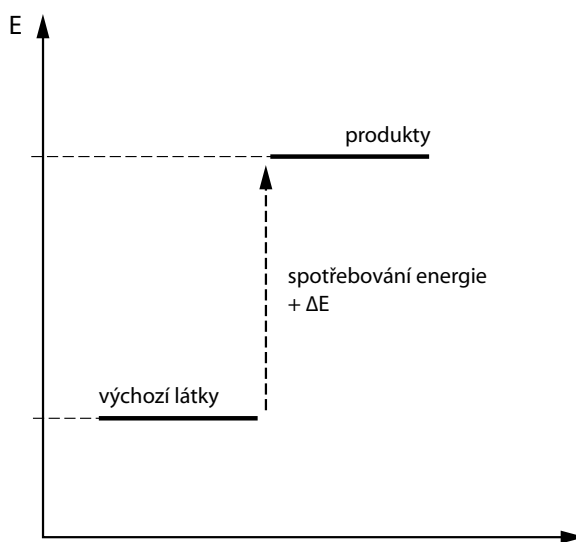
Teoretický úvod

Celá řada chemických dějů je doprovázena uvolňováním tepla. Mezi nejznámější patří například hoření. Hořící dřevo či uhlí jste jistě měli možnost pozorovat a díky této reakci se i zahřát. V průběhu chemické reakce ale může docházet i k procesu opačnému – nebude docházet k zahřívání, ale naopak k ochlazování.

Taková reakce, při níž dochází k uvolňování energie formou tepla, je označována jako **exotermická**. Průběh exotermické reakce je naznačen na obr. 1. Je vidět, že původní energie reaktantů je výše než energie produktů. V průběhu tohoto chemického děje tedy muselo dojít k uvolnění energie. Druhým případem jsou reakce, při nichž je energie formou tepla naopak spotřebovávána. Tyto reakce označujeme jako **endotermické**. Průběh endotermické reakce je zachycen na obr. 2. Zde jsou výchozí látky energeticky níže než produkty. Energie byla v průběhu uvedeného děje spotřebována, a tím pádem došlo k ochlazení.



Obrázek 1 – exotermická reakce



Obrázek 2 – endotermická reakce

Každá chemická reakce je doprovázena určitou změnou energie. Tato energie se může projevit zmíněnou změnou tepla. Takové teplo nazýváme **reakčním teplem** a vyjadřujeme ho pomocí změny tzv. **entalpie** (ΔH , je vyjádřena v kJ/mol). Teplo, uvolněné či pohlcené při reakci, závisí na množství reagujících látek, na jejich skupenství a na způsobu, jakým reakce probíhá.

Uskuteční-li se chemická reakce v jednotkovém rozsahu (tj. zreagují taková látková množství reaktantů, jaká udávají stechiometrické koeficienty v chemické rovnici tohoto děje), pak uvolněné (či pohlcené) teplo je tzv. **molární teplo**, označované jako Q_m . Pokud probíhá děj za konstantního tlaku je $Q_m = \Delta H$.

Při **exotermickém** ději, kdy se teplo uvolňuje, je hodnota ΔH **záporná**, protože soustava předala teplo do okolí a je o tuto energii chudší. V případě **endotermického** děje je hodnota ΔH **kladná**, protože soustava energii od okolí přijala.

Reakce vodíku s kyslíkem je příkladem reakce exotermické. Jedná s o známé hoření vodíku. Reakci zapíšeme tímto způsobem:



Reakce uhlíku se sírou, při níž vzniká sirouhlík je naopak reakcí endotermickou. Zápis bude vypadat takto:



- *V následujícím praktickém cvičení se pokusíme u dvou různých reakcí zjistit, zda jde o reakce exotermické či endotermické.*

Příprava úlohy (praktická příprava)

Nejprve zpracujte slovníček a teoretickou přípravu na „pracovním listě“ a teprve potom začněte pracovat v laboratoři.

Postup práce

Nastavení HW a SW

1. Připojte teplotní čidlo přes USB rozhraní (PASSPORT USB interface nebo Xplorer) k počítači. Tím se automaticky otevře konfigurační dialog.



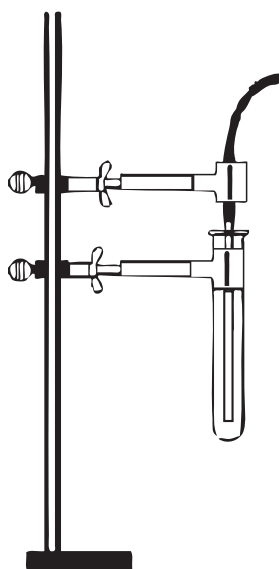
2. Vyberte a otevřete odpovídající konfigurační soubor DataStudia

10_reakni_teplo.ds

Poznámka: Konfigurační soubory automaticky otevřou potřebná okna a nastaví výchozí parametry (rychlost snímování atd.). V této úloze budete měřit pouze pomocí teplotního čidla. V případě, že používáme některé z multisenzorových řešení, budeme ostatní čidla ignorovat (nebudeme je do úlohy přidávat).

Příprava měření

1. Před započítím práce si přečtete celý „pracovní návod“.
2. Nejdříve sestavíme jednoduchou „aparaturu“, kterou budeme k provedení experimentu potřebovat.
 - I. Na stojan uchytníme dvě křížové svorky a do nich dva držáky na zkumavky, a to tak aby si navzájem nepřekážely v pohodlném přístupu.
 - II. Před upnutím zkumavek do držáků je dobře zkontrolujeme. Zkumavky nesmí vykazovat známky poškození (např. jemné praskliny na dně).
 - III. Jednu ze zkumavek označíme popisovačem písmenem A a druhou písmenem B.
 - IV. Ověříme si, že nerezové teplotní čidlo dosáhne bez problému na dno obou zkumavek.



Stojan, zkumavka a teplotní čidlo.

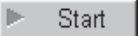
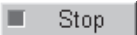
3. Připravíme si následující látky, které použijeme při reakci:
 - I. Reakce I.
 - a) Na porcelánové lodičce navážíme 1 g dusičnanu barnatého, a ten ihned přesypeme do zkumavky A.
 - b) Umyjeme a osušíme porcelánovou lodičku.
 - c) Na porcelánové lodičce navážíme 1 g thiokyanatanu amonného. Lodičku si přiklopíme větší kádinkou (abychom si látku omylem nerozsypali).
 - d) Tím máme reaktanty pro první reakci připravené.

II. Reakce II.

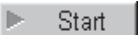
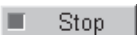
- a) Ze zásobní lahve si odebereme malé množství oxidu manganičitého (na špičku lžičky – cca. 0,15 g), který použijeme jako katalyzátor k rozkladu peroxidu vodíku.
 - b) Odebraný oxid manganičitý si připravíme na dno zumavky B.
 - c) Ze zásobního roztoku odpipetujeme do pomocné zkumavky 1 ml 30% peroxidu vodíku a přidáme 4 ml destilované vody.
 - d) Tím máme reaktanty pro druhou reakci připravené.
4. Pokud máme k dispozici dvě teplotní čidla, můžeme v tomto „dvouzkuškovém“ provedení sledovat změny teploty obou reakcí najednou. V případě, že máme pouze jedno teplotní čidlo, provedeme reakce postupně.

Vlastní měření (záznam dat)

1. Reakce hydroxidu barnatého s thiokyanatanem amonným:

- I. Zaznamenávání dat zahajte kliknutím na tlačítko **Start** ().
- II. Do zkumavky A, obsahující hydroxid barnatý, nasypete připravený thiokyanatan.
- III. Reakční směs zamíchejte přímo pomocí teplotního čidla.
- IV. Teplotní čidlo ponechte ve zkumavce.
- V. Pozorujte průběh reakce. Záznam teploty provádějte tak dlouho, až se dosažená teplota ustálí a po určité době se začne opět měnit (růst nebo klesat). Doba záznamu dat by neměla být kratší než 3 minuty.
- VI. Pro ukončení měření teploty klikněte na tlačítko **Stop** ().
- VII. Zreagovaný obsah zkumavky zlikvidujte dle instrukcí pedagoga.

2. Rozklad peroxidu vodíku působením oxidu manganičitého:


- I. Zaznamenávání dat zahajte kliknutím na tlačítko **Start** ().
- II. Do zkumavky B umístíme teplotní čidlo.
- III. Dále do zkumavky B, obsahující připravený oxid manganičitý, napipetujeme z pomocné zkumavky 5 ml naředěného roztoku peroxidu vodíku.
- IV. Pozorujte průběh reakce. Záznam teploty provádějte tak dlouho, až se dosažená teplota ustálí a po určité době se začne opět měnit (růst nebo klesat). Doba záznamu dat by neměla být kratší než 5 minut.
- V. Pro ukončení měření teploty klikněte na tlačítko **Stop** ().
- VI. Zreagovaný obsah zkumavky zlikvidujte dle instrukcí pedagoga.

Analýza naměřených dat

S využitím naměřených teplotních křivek doplňte tabulku v pracovním listu.

1. Zaznamenejte počáteční a maximální/minimální osazenou teplotu.

Tip: K odečtení požadovaných hodnot využijte nástroj **Smart Tool** ()

Kurzor  umístěte do grafu na požadované místo a zobrazené hodnoty přepište do předpřipravené tabulky v pracovním listu.

2. Pro každou reakci vypočítejte dosažený teplotní rozdíl.
3. Lineární částí teplotní křivky, odpovídající největší změně teploty, proložte přímkou a zjistěte její směrnici. Čemu tato směrnice odpovídá?

Tip: Pro každou křivku vybereme pomocí myši tu úvodní část, která je nejbližší lineárnímu průběhu. Následně zvolíme z horního menu grafu **Fit** → **Linear Fit** a ze zobrazeného „štitku“ parametrů si do tabulky přepíšeme hodnotu směrnice.

4. (Pro reakci rozkladu peroxidu vodíku vypočtete z teplotního rozdílu orientačně reakční teplo.) (rozšiřující výpočet)
5. (Z grafu orientačně odhadněte dobu průběhu reakce.)
6. Své výsledky v DataStudios uložte (nabídka File → Save Activity As...) na místo, které máte vyhrazeno k ukládání svých souborů.
7. Odpovězte na otázky v pracovním listu.
8. Dle instrukcí učitele uklidte své pracovní místo.

CHEMIE

laboratorní cvičení č. 10

10

• CHEMIE

Endotermické a exotermické reakce pracovní list (učitel)

Slovníček pojmů

S využitím dostupných zdrojů vysvětlete následující pojmy:

Exotermická reakce:

Reakce při níž dochází k uvolňování energie formou tepla. Při reakci dochází k ohřívání.

Endotermická reakce:

Reakce při níž se spotřebovává teplo z okolí. Při reakci dochází k ochlazování.

Reakční teplo:

Teplo, které se v průběhu chemického děje uvolní nebo spotřebuje.

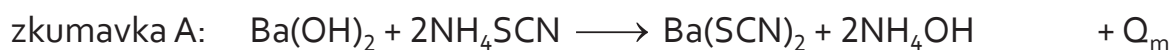
Entalpie:

Veličina používající se k vyjádření změny reakčního tepla. Její typická jednotka je kJ/mol.

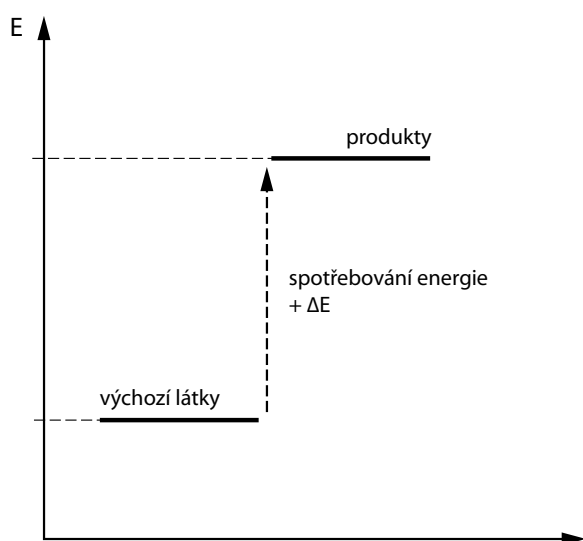


Teoretická příprava úlohy

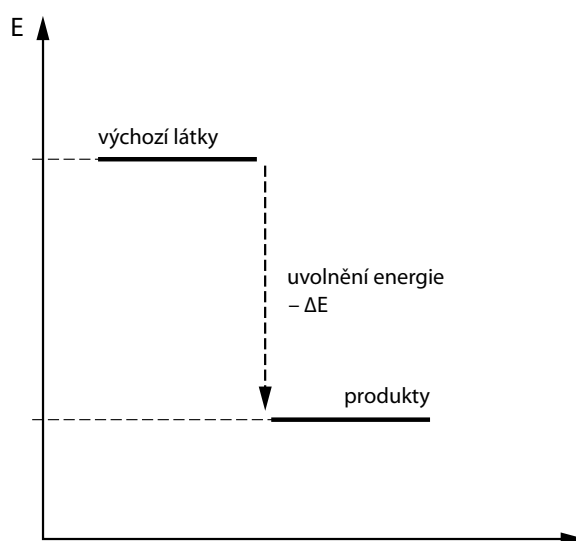
1. Doplněte chybějící výchozí látky a produkty v reakcích, které budeme později studovat:



2. Která reakce bude pravděpodobně exotermická a která endotermická? Zkuste doplnit k uvedeným reakcím znaménka + a -.
3. Na následujícím obrázku (grafu) je uveden příklad znázornění dvou různých reakcí. Doplněte, která z reakcí bude exotermická a která endotermická. Odhadněte, která z reakcí v otázce č. 1 bude odpovídat kterému grafu.



Obrázek 1 – endotermická reakce (zkumavka A)



Obrázek 2 – exotermická reakce (zkumavka B)

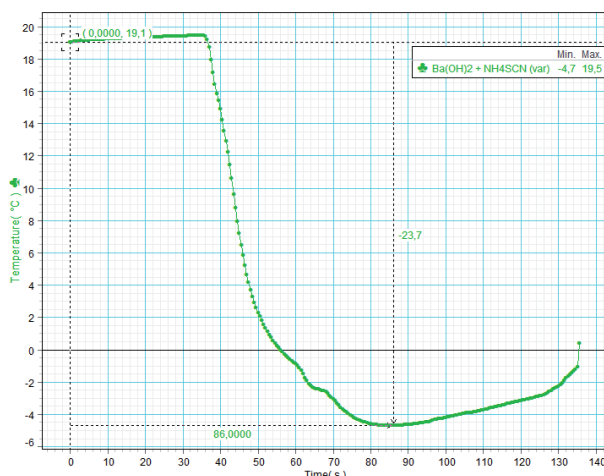
4. Myslíte, že je možné aby bylo v průběhu chemické reakce dosaženo záporných teplot (pod 0 °C)? Pokud by to bylo možné, k čemu bychom takovou reakci mohli v praxi využít?

Různé odpovědi...

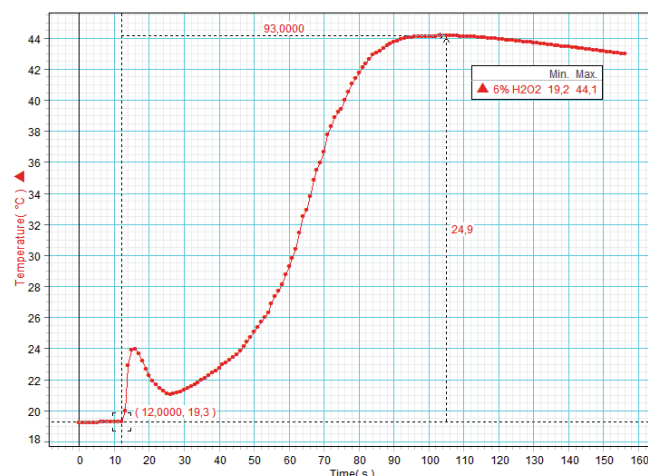
(Např.: Reakci je možné použít k ochlazení nápoje v horkém letním dni.)

Vizualizace naměřených dat

1. Pro provedené reakce zakreslete graf změny teploty v čase.



Obrázek 3 – záznam průběhu endotermické reakce



Obrázek 4 – záznam průběhu exotermické reakce
(Zvlnění na začátku křivky je způsobeno dodatečným promícháním obsahu zkumavky teplotním čidlem.)

2. Jak poznáte, že reakce ve zkumavce již „skončila“? Vyznačte v nakresleném grafu. Je možné určit tento bod přesně?

Po skončení reakce se začne teplota pomalu vracet na počáteční hodnotu (naše soustava není izolovaná). Hodnotu nelze určit přesně. Čas, ve kterém reakce skončila, bude lépe vidět u reakce ve zkumavce A, protože je celkový objem (i tepelná kapacita látek ve zkumavce) podstatně menší než ve zkumavce B (z vlastní zkušenosti víme, že voda je velice dobrým „akumulátorem tepla“). Pokud použijeme dobrý kalorimetr, nebude konec reakce rozeznatelný.

Vyhodnocení naměřených dat

1. Doplňte následující tabulku:

Hodnota	Zkumavka A	Zkumavka B
Počáteční teplota t_1 [°C]	19,1	19,2
Dosažená teplota t_2 [°C]	-4,7	44,1
Rozdíl teplot Δt [°C]	23,8	24,9
Směrnice proložené přímkou	-1,39	727
Uvolněné teplo Q [J] (rozšiřující výpočet - viz tip 2)	---	521
Odhadovaná doba průběhu reakce [s]	86	120
Reakce byla (exotermická/endotermická)	endotermická	exotermická

Závěr

1. Byla reakce ve zkumavce A doprovázena i jinou změnou než změnou teploty? (po provedení reakce posuďte zápach produktů ve zkumavce)

Ano, vznikající hydroxid amonný se rozkládá a dochází k částečnému uvolňování plynného amoniaku (NH_3). Ten se projeví typickým zápachem.

2. Jaký plyn se uvolňoval ze zkumavky B?

Ze zkumavky B se uvolňoval kyslík. Jeho přítomnost můžeme potvrdit přiložením doutnající třísky, která díky kyslíku ve zkumavce vzplane.

3. Která reakce byla exotermická a která endotermická? Proč?

Reakce hydroxidu barnatého s thiokyanatanem amonným byla endotermická – teplota klesala. Reakce rozkladu peroxidu vodíkubyla exotermická – teplota rostla.

4. Oxid manganičitý hraje roli tzv. katalyzátoru. Co se s katalyzátorem v průběhu děje? Je na konci reakce změněn v jinou látku?

Katalyzátor je látka, která zůstává na konci reakce stejná jako na začátku, nemění se. Funkcí katalyzátoru je urychlení (umožnění) reakce, která by za normálních podmínek prakticky neprobíhala, nebo by probíhala velice pomalu. Katalyzátor vlastně funguje tak, že snižuje úvodní potřebnou aktivační energii reakce.

5. Která z reakcí proběhla rychleji? Jakou z hodnot uvedených v tabulce naměřených dat můžete rychlost reakce nejlépe doložit?

Rychleji proběhla reakce ve zkumavce A. Rychlost probíhající reakce je možné doložit zjištěnou směrnici proložené přímkou. Čím je absolutní hodnota směrnice vyšší, tím rychlejší je průběh reakce. Seriózní porovnání reakčních rychlostí dvou různých reakcí na základě změny teploty ovšem z našeho experimentu není možné.

6. Shodují se tvé experimentální zkušenosti s úvodním odhadem v teoretické přípravě?

Různé odpovědi...

7. List papíru sám o sobě za normálních podmínek nehoří. Pokud k němu ale přiložíme hořící zápalku, vzplane a shoří – v průběhu reakce se uvolní značné množství tepla. Proč je nutné dodat počáteční energii, bez níž by reakce neproběhnula?

Dodaná energie představuje aktivační energii nutnou k vytvoření aktivovaného komplexu (viz graf v úvod pro učitele). Bez dodání této energie nemůže reakce proběhnout.

8. (Shoduje se vypočítané reakční teplo s tabulkovou hodnotou?)

Různé odpovědi...

Pracovní list studenta

skupina:.....

jméno:..... třída:..... datum:.....

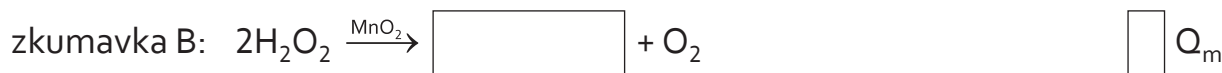
Slovníček pojmů

S využitím dostupných zdrojů vysvětlíte následující pojmy:

Exotermická reakce:**Endotermická reakce:****Reakční teplo:****Entalpie:**

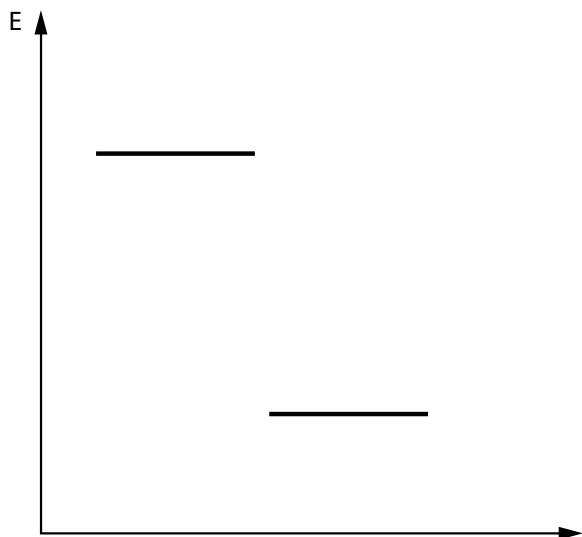
Teoretická příprava úlohy

1. Doplňte chybějící výchozí látky a produkty v reakcích, které budeme později studovat:

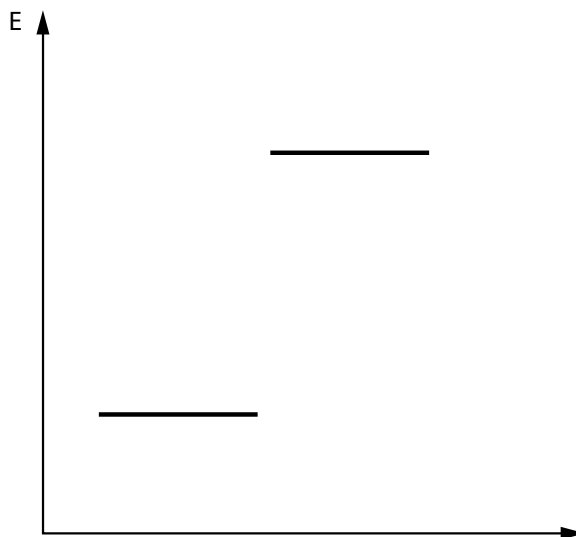


2. Která reakce bude exotermická a která endotermická? Zkuste doplnit k uvedeným reakcím znaménka + a -.

3. Na následujícím obrázku (grafu) je uveden příklad znázornění dvou různých reakcí. Doplňte, která z reakcí bude exotermická a která endotermická a запиšte reaktanty a produkty přímo do grafu. Odhadněte, která z reakcí v otázce č. 1 bude odpovídat kterému grafu.



Obrázek 1



Obrázek 2

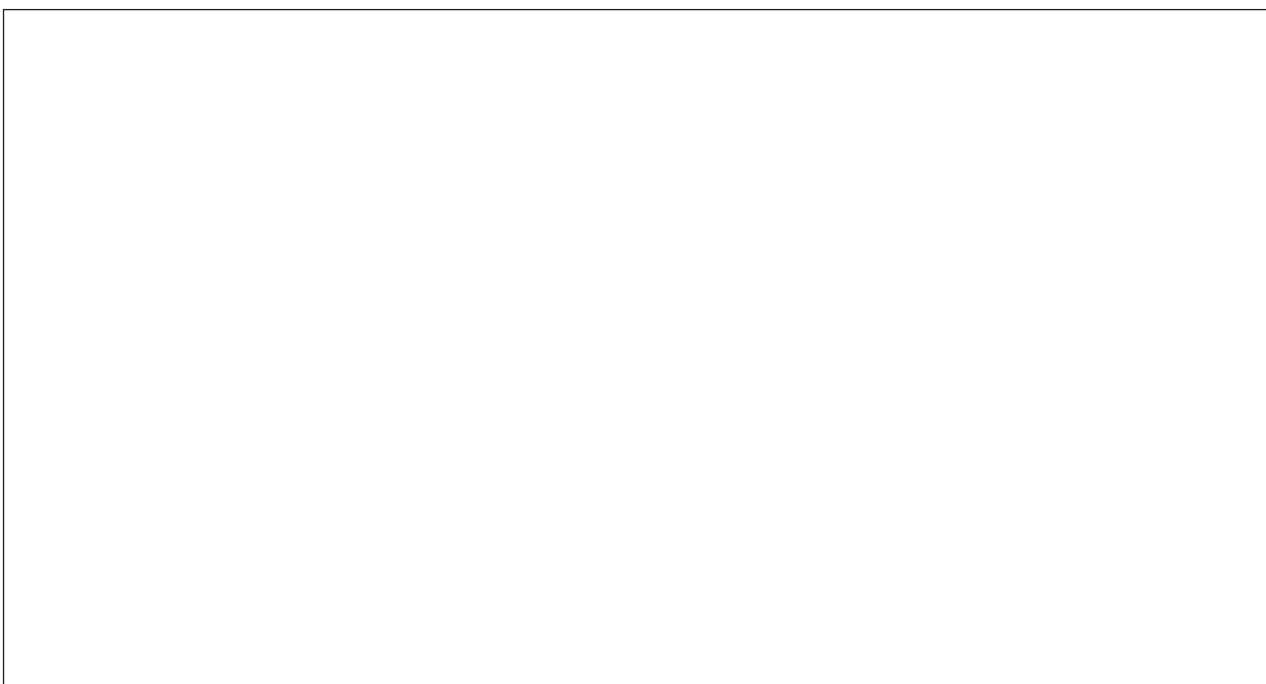
4. Myslíte, že je možné aby bylo v průběhu chemické reakce dosaženo záporných teplot (pod $0\text{ }^{\circ}\text{C}$)? Pokud by to bylo možné, k čemu bychom takovou reakci mohli v praxi využít?

Vizualizace naměřených dat

1. Pro provedené reakce zakreslete graf změny teploty v čase.



2. Jak poznáte, že reakce ve zkumavce již „skončila“? Vyznačte v nakresleném grafu. Je možné určit tento bod přesně?



Vyhodnocení naměřených dat

1. Doplňte následující tabulku:

Hodnota	Zkumavka A	Zkumavka B
Počáteční teplota t_1 [°C]		
Dosažená teplota t_2 [°C]		
Rozdíl teplot Δt [°C]		
Směrnice proložené přímkou		
Uvolněné teplo Q [J] <i>(rozšiřující výpočet)</i>	---	
Odhadovaná doba průběhu reakce [s]		
Reakce byla (exotermická/endotermická)		

Závěr

1. Byla reakce ve zkumavce A doprovázena i jinou změnou než změnou teploty?
(Po provedení reakce posuďte zápach produktů ve zkumavce.)

2. Jaký plyn se uvolňoval ze zkumavky B?

3. Která reakce byla exotermická a která endotermická? Proč?

4. Oxid manganičitý hraje roli tzv. katalyzátoru. Co se s katalyzátorem v průběhu děje? Je na konci reakce změněn v jinou látku?

5. Která z reakcí probíhala rychleji? Jakou z hodnot uvedených v tabulce naměřených dat můžete rychlost reakce nejlépe doložit?

6. Shodují se tvé experimentální zkušenosti s úvodním odhadem v teoretické přípravě?

7. List papíru sám o sobě za normálních podmínek nehoří. Pokud k němu ale přiložíme hořící zápalku, vzplane a shoří – v průběhu reakce se uvolní značné množství tepla. Proč je nutné dodat počáteční energii, bez níž by reakce neproběhla?

8. (Shoduje se vypočítané reakční teplo s tabulkovou hodnotou? *(rozšiřující výpočet)*)