K A T A L Ý Z A

Ján Reguli

Mária Linkešová

Ján Slanicay

Vladimír Adamčík

Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave

2005

Obsah:

Úvod 3

Pre koho je tento materiál určený 3

Ako používať tento vzdelávací materiál (metodické poznámky pre učiteľov) 3

Plánovanie aktivít 4

Časový rozvrh 4

Materiálne zabezpečenie 4

Kľúčové pojmy 4

Katalýza – informačný text pre učiteľov 5

Námety na demonštrácie a žiacke pokusy 14

Slovník nových pojmov 23

Slovensko-anglický slovník najdôležitejších pojmov 24

Riešenie testu 25

Hárky pre študentov ..... súbor *Papiere*

Hárky na prípravu fólií ..... súbor *Fólie*

Text: © Doc. Ing. Ján Reguli, CSc., Ing. Mária Linkešová, CSc., Mgr. Ján Slanicay
Ilustrácie: © RNDr. Vladimír Adamčík, CSc.
Recenzenti: Doc. Ing. Pavel Kovařík, CSc., RNDr. Emil Fendrich

ISBN 80-8082-012-0 EAN 9788080820121

Úvod

Nová koncepcia rozvoja výchovy a vzdelávania v Slovenskej republike predpokladá, že na osvojenie si centrálne (vzdelávacími štandardmi) predpisovaného kmeňového učiva by malo postačovať 60 % časovej dotácie predmetu. Využitie ostatného času bude v právomoci škôl a školských rád. Táto časť obsahu (tvoriaca tzv. školské kurikulum) ako doplnok národného kurikula umožní brať do úvahy krajové špecifiká a potreby, ako aj zameranie školy. Predstavuje však najmä priestor na aktivizáciu žiakov, na ich motiváciu prostredníctvom zaradenia príťažlivých relevantných a aktuálnych tém a aktivizujúcich metód výučby. Tento čas sa môže využiť aj na získavanie študentov pre štúdium na prírodovedne a technicky orientovaných vysokých školách.

Cieľom pripravovanej série vzdelávacích materiálov je pomôcť učiteľom v príprave atraktívnejšieho vyučovania s minimálnymi nárokmi na vlastnú prípravu a na materiálne zabezpečenie. Prispieť k zvýrazneniu súvisu chémie s celým naším životom. Prispieť k environmentálnej výchove. Ponúknuť námety na vlastné experimentovanie, resp. skúmanie dejov okolo seba. Obohatiť vyučovanie o demonštrácie, experimenty, hru.

Pre koho je materiál o katalýze určený (začlenenie do osnov chémie)

a) pre žiakov 1. ročníka gymnázií na hodiny chémie (na doplnenie učiva o chemických reakciách), časť o enzýmovej katalýze pre tretiakov (v rámci biochémie),

b) pre žiakov osemročných gymnázií a pre žiakov 2. stupňa ZŠ na hodiny chémie, resp. integrovanej prírodovedy do učiva o faktoroch, vplývajúcich na rýchlosť chemických reakcií..

| Zvislou čiarou označený text je určený len pre stredné školy.

Ako používať tento vzdelávací materiál

Naším cieľom bolo pomôcť pri príprave atraktívnejších hodín chémie na strednej i na základnej škole. Predkladaný materiál sme sa snažili urobiť tak, aby učiteľa čo najmenej zaťažoval pri príprave vyučovania a aby bol pre študentov zaujímavý a príťažlivý. Z týchto dôvodov sú jeho súčasťou hotové texty pre premietanie na spätnom projektore (súbor *Fólie*), resp. prezentácia v Microsoft PowerPoint (súbory *.ppt)*, presné návody na prípravu demonštrácií, časový rozpis na prípravu vyučovania, ako aj na jeho samotný priebeh (v tomto súbore).

Aby sa učiteľ mohol na vyučovanie čo najlepšie pripraviť, materiál obsahuje súvislý text o katalýze s príkladmi uplatnenia sa katalýzy v bežnom živote i v priemysle, výkladový slovník nových pojmov a stručný slovensko-anglický slovník najdôležitejších pojmov.

Katalýza sa dá pútavo predstaviť nielen na strednej, ale aj na základnej škole. V texte je vyznačené, ktoré časti sú určené len pre strednú školu.

Aby učiteľ spoznal predstavy žiakov o pojme katalýza a o jej význame, odporúčame začať novú tému krátkym anonymným testom so štyrmi otázkami. V teste za otázkou nasleduje ponuka odpovedí, z ktorých môže byť aj viacero správnych. Zvládnutie témy Katalýza môže preveriť druhý test s deviatimi otázkami (z ktorých prvé tri boli aj v úvodnom teste). Testy sú v súbore *Papiere*, správne odpovede sú na poslednej strane tohto súboru.

Plánovanie aktivít – čo treba vopred pripraviť

Vopred je potrebné rozmnožiť testy pre všetkých študentov (zo súboru *Papiere*). Treba tiež skopírovať hárky na premietanie na fólie (súbor *Fólie*) alebo pripraviť si počítač (Microsoft PowerPoint je bežnou súčasťou MS Office) a dataprojektor (na súbory *Prezentácia 1.ppt* a *Prezentácia 2.ppt*, a *Demonštrácie.ppt*). Na pokusy je potrebné pripraviť si zásobné roztoky modrej skalice, peroxidu vodíka, manganistanu draselného, kyseliny sírovej, atď., podľa zvolených demonštračných reakcií.

Časový rozvrh jednotlivých aktivít

Úvodný test a teória 1 hod,
zvolené demonštrácie 1 hod,
využitie katalyzátorov pri ochrane životného prostredia (automobilový katalyzátor a enzýmová katalýza) môžu byť využité na prípravu študentských referátov,
záverečný test 20 min.

Materiálne zabezpečenie

Rozmnožené hárky papiera pre študentov (úvodný a záverečný test, návod na urobenie modelu zeolitu, plášť zeolitu a záznamový hárok ku chemickým pokusom) zo súboru *Papiere*, spätný projektor a fólie na spätný projektor (zo súboru *Fólie*), resp. počítač a dataprojektor (na prezentáciu súborov *.ppt* v Microsoft PowerPoint).

Základné laboratórne pomôcky (liehový kahan, trojnožka, chemické kliešte, lyžička, porcelánový téglik, kužeľová banka, Petriho misky, kadičky ,…).

$CuSO_4.5H_2O$, hliníkové pliešky alebo hliníkové plechovky z nápojov s oškrabanou ochrannou vrstvou laku, 6 %-ný roztok H_2O_2, $KMnO_4$, $CoCl_2$, Na_2CO_3, práškový hliník, jód, MnO_2, krv, H_2SO_4, piesok, roztok NH_3, roztok saponátu, NaCl (kuchynská soľ).

Náklady na chemikálie a pomôcky sú odhadnuté pri každej demonštrácii.

Kľúčové pojmy

rýchlosť chemickej reakcie, katalýza, katalyzátor, aktivačná energia, enzým, ...

(*Slovník nových pojmov* je na konci tohto súboru)

K A T A L Ý Z A *(informačný text pre učiteľov)*

F1-F18 označuje číslo príslušnej fólie, P3-P39 označuje číslo snímky v PowerPointe

(zvislou čiarou označený text je určený len pre stredné školy)

F1 P3-P4

Katalýza je dej, pri ktorom sa mení rýchlosť chemickej reakcie pôsobením látky, ktorá sa po prebehnutí reakcie chemicky nezmení.

Katalýza môže byť kladná i záporná – rýchlosť chemickej reakcie sa môže zvyšovať i znižovať (vtedy hovoríme o inhibícii, ktorou sa zatiaľ nebudeme zaoberať). Pri zvyšovaní rýchlosti chemickej reakcie ide spravidla o veľmi výrazné zvýšenie: ak si označíme pomer rýchlostných konštánt katalyzovanej a nekatalyzovanej reakcie ako 10^x, tak x môžu byť rádovo desiatky až stovky.

Katalýza je dej, s ktorým sa stretávame každodenne, bez toho, že by sme si to uvedomovali: Viac než 90 % všetkých výrobkov sa vyrába za účasti katalyzátorov. Toto sa netýka len výrobkov chemického priemyslu, ale všetkých, vrátane potravinárskeho.

Všetky katalyzátory (nielen známy automobilový katalyzátor) prispievajú k ochrane životného prostredia, a to najmä tým, že výrazne znižujú energetické nároky na priebeh katalyzovaných reakcií.

Význam katalýzy zvýrazňuje aj to, že metabolizmus živých organizmov je založený na enzýmovej katalýze, takže bez katalyzátorov by sme tu neboli ani my.

F1 P3-P4

F2 P5-P7

Pojem KATALÝZA zaviedol v roku 1835 BERZELIUS. Podľa neho „*Katalyzátory sú látky, ktoré svojou prítomnosťou vyvolávajú chemické reakcie, ktoré by sa inak neuskutočnili*“. Táto definícia nie je celkom správna. Vyplynula z pozorovania, že niektoré reakcie, prebiehajúce v prítomnosti katalyzátora, prebiehajú bez neho za rovnakých podmienok tak pomaly, že môžeme povedať, že dané reaktanty vlastne spolu vôbec nereagujú. Berzeliova definícia je nesprávna z toho hľadiska, že reaktantom, ktoré spolu nereagujú z toho dôvodu, že rovnovážna konštanta danej reakcie je veľmi malá (t. j. rovnováha je posunutá doľava), žiadny katalyzátor pomôcť nemôže.

Katalyzátory boli známe už veľmi dávno. Niektoré dali podnet k hľadaniu kameňa mudrcov, ktorý napríklad podľa charakteristiky stredovekého alchymistu má niektoré znaky katalyzátora: „*xerion, alixír, kameň mudrcov, čiže magisterium, ktoré uzdravuje chorých, mení obyčajné kovy v zlato, pričom samé nedoznáva najmenšej zmeny*“ (Al Anfani, 14. storočie). Schopnosti katalyzátora veľmi pekne charakterizuje aj jeho čínsky názov „cú mej“, ktorého starší význam je *sobášny dohadzovač*.

Podstata katalýzy je v tom, že namiesto pôvodnej chemickej reakcie prebehne v prítomnosti katalyzátora sled iných, oveľa rýchlejších reakcií, ktorých konečným výsledkom sú rovnaké produkty a uvoľnený katalyzátor. Katalyzátor sa preto definuje ako látka, ktorá urýchľuje priebeh chemickej reakcie bez toho, že by sa v nej sama spotrebovávala. Na prebehnutie reakcie preto postačí aj veľmi malé množstvo katalyzátora, keďže jeho koncentrácia sa v priebehu reakcie nezmenšuje.

F2 P5-P7

F3 P8-P9

Na prebehnutie každej chemickej reakcie je potrebné reaktantom dodať určitú energiu na prekonanie energetickej bariéry oddeľujúcej reaktanty od produktov. Výška tejto bariéry sa nazýva *aktivačná energia*. ***obrázok***

Aktivačná energia je súčasne najmenšou možnou energetickou bariérou oddeľujúcou reaktanty od produktov. Predstavuje vlastne „sedlo“ na mape potenciálnej energie. Cez toto sedlo „prechádzajú“ reaktanty pri svojej premene na produkty. Ich pomyselnú cestu nazývame reakčná cesta a jej priemet do roviny nákresne reakčná koordináta. ***obrázok***

Reakciám, ktoré pri laboratórnych podmienkach prebiehajú veľmi pomaly, sa dá pomôcť aj zohriatím reakčnej sústavy na vysokú teplotu. Reaktanty tak získajú dostatočnú energiu. Inou možnosťou je pridať do sústavy katalyzátor a poslať reaktanty reagovať inou cestou – cez nižšie sedlo. Katalyzátor tak dokáže ušetriť náklady na vyhriatie sústavy – dokáže reakciu urýchliť bez potreby zvyšovania teploty.

F3 P8-P9
F4 P10-P11

V prítomnosti katalyzátora prebehne súbor iných chemických reakcií, ktorých aktivačné energie sú menšie. Aj malé zníženie aktivačnej energie má za následok výrazné zvýšenie rýchlosti reakcie.

Katalyzátor umožňuje znížiť aktivačnú energiu nájdením novej reakčnej cesty:

Namiesto pôvodnej reakcie, napr. $A + B \rightarrow AB$
prebehne sled iných reakcií, napr. $A + K \rightarrow AK + B \rightarrow AB + K$, pričom

aktivačná energia oboch medzistupňov je podstatne nižšia, než v nekatalyzovanej reakcii. ***obrázok***

Katalyzátor slúži ako „obsluha výhybky“, posielajúcej reaktant na inú, energeticky výhodnejšiu cestu.

F4 P10-P11
F5 P12

Častým symbolickým a ľahko zrozumiteľným znázornením katalýzy býva prechod turistov cez kopec, pričom „pribalenie katalyzátora“ umožňuje pustiť sa po ceste cez nižšie pohorie. ***obrázok***

F5 P12
F6 P13-P14

Pôsobenie negatívneho katalyzátora – **inhibítora** – sa potom dá prirovnať k odvedeniu na slepú koľaj. Energetický diagram by vtedy vyzeral ako na obrázku – s veľkou energetickou bariérou nasledujúcou po úvodnej malej. Ide vlastne o zle nasmerovanú katalyzovanú reakciu. ***obrázok***

Dalo by sa z toho odvodiť poučenie, že ľahký začiatok nemusí vždy smerovať k úspešnému koncu.

Inhibítory sa ale niekedy aj využívajú: zabraňujú napr. degradácii gumy.

Látky, ktoré dezaktivujú katalyzátor, napr. tak, že prednostne obsadzujú aktívne centrá na jeho povrchu, sa označujú ako **katalytické jedy.** Reaktanty je preto potrebné pred reakciou zbavovať katalytických jedov (napr. zlúčenín síry v rope; v benzíne pre automobily s katalyzátorom nesmú byť zlúčeniny olova; reaktanty palivových článkov musia byť zbavené oxidu uhoľnatého).

Ako katalyzátor môže niekedy pôsobiť aj produkt alebo medziprodukt danej chemickej reakcie. Ak katalyzátor takto sám vzniká v priebehu reakcie, hovoríme o *autokatalýze.* Príkladmi autokatalytických reakcií sú redukcia manganistanu draselného v kyslom prostredí (katalyzovaná vznikajúcimi iónmi Mn^{2+}) a jodácia acetónu (katalyzovaná hydroxóniovými iónmi).

F6 P13-P14
F7 P15-P17

Pod *rýchlosťou chemickej reakcie* ***v*** budeme rozumieť rýchlosť úbytku koncentrácie c_A reaktantu (východiskovej látky) A. Pre reakciu bez katalyzátora bude rýchlosť

$$\boldsymbol{v} = -\Delta c_A / \Delta t = k\, c_A\, c_B$$

k je rýchlostná konštanta tejto reakcie,
(konštantnú hodnotu má ale len pri konštantnej teplote!)
(Táto rovnica platí pre konštantný objem sústavy.)

V prítomnosti katalyzátora prebehnú za sebou dve rýchlejšie reakcie. Ak predpokladáme, že prvá z nich je pomalšia, t. j. je krokom určujúcim rýchlosť celkovej reakcie (aj preto, že koncentrácia katalyzátora je veľmi malá). Rýchlosť katalyzovanej reakcie bude

$$\boldsymbol{v} = -\Delta c_A / \Delta t = k'\, c_A\, c_K$$

Rýchlosť katalyzovanej reakcie je teda úmerná koncentrácii katalyzátora. Koncentrácia katalyzátora sa však v priebehu reakcie nemení, preto súčin $k' c_K$ nahradíme rýchlostnou konštantou k_k . Rýchlosť katalyzovanej reakcie teda bude:

$$\boldsymbol{v} = -\Delta c_A / \Delta t = k_k\, c_A$$

Každý dej pri svojom samovoľnom priebehu smeruje do stavu, v ktorom sa jeho priebeh zastaví – do *rovnováh*y. V rovnováhe má sústava najmenšiu potenciálnu energiu (a jej entropia je maximálna). Tieto kritériá rovnováhy platia samozrejme aj pre sústavy, v ktorých prebiehajú chemické reakcie. Po dosiahnutí rovnováhy sa ale chemický dej nezastaví – v sústave môže ďalej dochádzať k vzájomnej premene molekúl, len rýchlosti priamej a spätnej reakcie budú rovnaké. Koncentrácie reaktantov a produktov sa už meniť nebudú, t. j. rýchlosť zmeny koncentrácie reakčných zložiek bude nulová. Pre uvedenú reakciu A + B = AB

$$\boldsymbol{v} = k_{\rightarrow}\, c_A\, c_B - k_{\leftarrow}\, c_{AB} = 0$$

a rovnováhu pri danej teplote charakterizuje tzv. *rovnovážna konštanta*

$$K = k_{\rightarrow}/k_{\leftarrow} = c_{AB} / c_A\, c_B$$

Rovnovážna konštanta je teda podielom rýchlostných konštánt priamej a spätnej reakcie a tiež podielom rovnovážnych koncentrácií produktov a reaktantov (pre takýto jednoduchý prípad a ideálne sa správajúcu sústavu; všeobecne je stechiometrickým súčinom rovnovážnych aktivít reakčných zložiek).

Ak katalyzátor zníži aktivačnú energiu priamej reakcie, zníži súčasne aj aktivačnú energiu spätnej reakcie (podľa uvedenej rovnice sprava doľava). Rovnako teda urýchľuje priamu aj spätnú reakciu. Na obe reakcie môžeme preto použiť ten istý katalyzátor (o čom svedčí napr. to, že na hydrogenáciu i dehydrogenáciu sa v priemysle používajú rovnaké katalyzátory). Či pobeží priama alebo spätná reakcia, vyplynie zo skutočnosti, ktoré látky máme vo východiskovej reakčnej sústave a aká je hodnota rovnovážnej konštanty. Katalyzátor teda nemení polohu rovnováhy, spôsobuje len jej rýchlejšie dosiahnutie.

Nemôžeme teda povedať, že katalyzátor vyvoláva chemickú reakciu, ktorá by sa inak neuskutočnila. Katalyzátor mení podmienky priebehu reakcie, umožňuje znížiť reakčnú teplotu. Katalyzátor nevyvolá chemickú reakciu, len zvýši jej celkovú rýchlostnú konštantu pri danej teplote.

Ak by katalyzátor menil rovnovážnu konštantu reakcie, dal by sa meniť smer priebehu reakcie len vkladaním a vyberaním katalyzátora. Ak by sa v tejto reakcii menil objem, reakčná sústava by tým bez dodávania energie konala objemovú prácu, čo by predstavovalo *perpetuum mobile*, odporujúce prvému zákonu termodynamiky.

F7 P15-P17

F8 P20

Účinnosť katalyzátora sa v priemysle hodnotí podľa jeho *aktivity*, ktorá udáva, koľko z danej látky zreagovalo a podľa *selektivity*, ktorá udáva, koľko z reaktantu zreagovalo na požadovaný produkt (ak sa reaktanty môžu meniť na rôzne produkty). Selektivitu katalyzátorov ilustruje schéma rozkladu etanolu v prítomnosti rôznych katalyzátorov a pri rôznych podmienkach.

Mnohé katalyzátory pracujú v súčinnosti s tzv. **promótormi**, ktoré zvyšujú ich účinnosť.

F8 P20

F9 P18-P19

Účinnosť katalyzátora určuje jeho

aktivita – udáva sa ako počet molekúl premenených na jednom aktívnom mieste katalyzátora za jednotku času. Máva hodnoty od 10^3/h až po 10^{10}/h pre najaktívnejšie enzýmy.

selektivita – udáva, koľko z východiskovej látky zreagovalo na požadovaný produkt. Selektivita 99,99 % znamená, že katalyzátor spraví jednu chybu na 10 000 konverzií. Takúto (alebo ešte lepšiu) selektivitu dosahujú enzýmy; syntetické priemyselné katalyzátory za takýmito hodnotami väčšinou zaostávajú.

stabilita – udáva počet katalytických cyklov, ktoré prebehnú na aktívnom mieste katalyzátora do jeho dezaktivácie. Mala by presahovať 1 000 000.
Príklad katalytického cyklu znázorňuje obrázok. ***obrázok***

F9 P18-P19

F10 P21-P22

Katalýzu môžeme rozdeliť na *homogénnu* a *heterogénnu*, podľa toho, či sú všetky zložky reakčnej sústavy (vrátane katalyzátora) v jednej fáze (najčastejšie kvapalnej, ale niekedy aj plynnej) alebo či katalyzátor a reaktanty sú v rôznych fázach (najčastejšie je katalyzátorom tuhá látka a reakcia prebieha v plynnej alebo v kvapalnej fáze).

Najbežnejším príkladom homogénnej katalýzy je acidobázická (kyselinovo-zásadová) katalýza vo vodnom roztoku, kde sú katalyzátorom hydroxóniové alebo hydroxidové ióny.

Heterogénna katalýza sa v priemysle využíva oveľa častejšie. Reakcia pri nej prebieha na povrchu katalyzátora. Pozostáva z týchto krokov

1. príchod reaktantov k povrchu (difúzia),
2. priľnutie reaktantov na povrch katalyzátora (adsorpcia),
3. reakcia na povrchu katalyzátora,
4. uvoľnenie produktov z povrchu (desorpcia),
5. difúzia produktov z povrchu katalyzátora. ***obrázok***

F10 P21-P22

F11 P23-P25

Dôležitou fyzikálno-chemickou vlastnosťou heterogénneho katalyzátora je veľkosť jeho účinného povrchu. Anorganické materiály vhodné na prípravu katalyzátorov (tzv. *nosiče katalyzátora*) majú vďaka svojej štruktúre mnohonásobne väčší povrch ako bežné tuhé látky. Tento veľký povrch je vytvorený stenami jemných pórov a dutín vo vnútri katalyzátora. Preto jedna tabletka katalyzátora môže mať aktívny povrch aj mnoho stoviek metrov štvorcových. ***obrázok***

Významný je tiež vonkajší tvar katalyzátora (závisí od použitého reaktora). V tvarovacích strojoch sa z účinnej zložky a spojiva pripravujú katalyzátory rôznych tvarov: tabletky, šupinky, duté tabletky, extrudáty, drvina, guľôčky, … . ***obrázok***

F11 P23-P25

F12, F13 P26

Veľký vnútorný povrch majú najmä hlinitokremičitany (aluminosilikáty) *zeolity*, známe aj ako „molekulové sitá“. Sú to látky, ktorých kryštálová štruktúra obsahuje veľké množstvo kanálikov a dutín, ktorých povrch je z hľadiska katalýzy aktívny. Súčasťou tohto materiálu je hárok papiera s časťami vnútornej plochy zeolitu, z ktorých sa dá vytvoriť trojrozmerný model štruktúry dvoch typov zeolitov. Pri tvorbe trojrozmernej štruktúry si môžeme uvedomiť, koľko hárkov papiera sa spotrebuje na vytvorenie jednej malej bunky zeolitu, t. j. aká veľká je jej plocha v porovnaní s jej objemom. ***obrázok***

F12, F13 P26

F14 P27

Katalyzátory významne prispievajú k ochrane nášho životného prostredia.

V prvom rade je to už ich samotnou funkciou, keďže umožňujú priebeh chemických reakcií s podstatne zníženou spotrebou energie. Katalyzátory sa v súčasnosti aj cielene využívajú na ochranu životného prostredia – na zníženie škodlivosti emisií, pri odstraňovaní následkov havárií a pod.

Katalyzátor v automobile

V dôsledku nedokonalého spaľovania zmesi benzínu so vzduchom v spaľovacích motoroch zostávajú vo výfukových plynoch <u>oxid uhoľnatý CO, uhľovodíky a oxidy dusíka NO_X</u>. Tieto plyny predstavujú (vzhľadom na obrovské počty automobilov) vážne ohrozenie nášho životného prostredia.

Najvhodnejším zariadením na výrazné zníženie množstva škodlivín vo výfukových plynoch benzínových motorov je v súčasnosti **trojcestný regulovaný katalyzátor**.

Základnou časťou katalyzátora je zväčša monolit zo špeciálneho keramického materiálu *cordieritu*, ktorý dobre odoláva vysokým teplotám. V ňom sú vytvorené úzke kanáliky usporiadané v smere prúdenia výfukových plynov. Jedným cm^2 prierezu keramického monolitu prechádza 60 až 65 kanálikov s hrúbkou steny 0,1 až 0,15 mm. Používajú sa dva typy štruktúr, tzv. medový plást alebo keramické lôžko. Na keramickom povrchu kanálikov je nanesená medzivrstva, tvorená najmä γ-Al_2O_3, ktorý zabezpečuje veľký merný povrch katalyzátora (až 10 m^2 na 1 cm^3 objemu katalyzátora). ***obrázok***

Vnútorný povrch kanálikov je pokrytý účinnou vrstvou 1 až 3 gramov <u>platiny a ródia v pomere 5:1</u>. V prvom stupni katalyzuje ródium redukciu oxidov dusíka NO_X na dusík N_2. V druhom stupni kontaktom výfukových plynov s platinou prebiehajú oxidačné reakcie oxidu uhoľnatého CO a uhľovodíkov na oxid uhličitý CO_2 a vodnú paru H_2O. ***obrázok***

F14 P27

Katalyzátor pracuje s vysokou účinnosťou až vtedy, keď dosiahne svoju správnu prevádzkovú teplotu, približne 300 °C. Z tejto požiadavky vyplýva jeho umiestnenie v automobile. Počas prvej minúty po studenom štarte motora vychádza z katalyzátora ešte asi 80 % škodlivín. Po zohriatí katalyzátora je to iba 10 % i menej. Preto sa v poslednom čase intenzívne výskumne pracuje na tom, aby sa katalyzátor po studenom štarte čo najskôr zohrial. Vyhrievanie sa dosahuje elektricky alebo prídavným horákom. ***obrázok***

Účinnosť práce katalyzátora závisí od zloženia zmesi vzduchu a benzínu. Najväčšiu účinnosť (90 % i viac) katalyzátor dosiahne vtedy, keď je v zmesi stechiometrický pomer benzínu a kyslíka. Takzvané „normálne zloženie zmesi“ predstavuje hmotnostný pomer vzduchu a benzínu 14,7 : 1, (t. j. na spálenie 1 kg benzínu sa spotrebuje 14,7 kg vzduchu). Vtedy sa hovorí, že motor pracuje so súčiniteľom prebytku vzduchu λ rovným jednej. Takáto vysoká presnosť regulácie prípravy zmesi sa dá dosiahnuť len elektronicky riadeným vstrekovacím systémom pomocou elektronickej spätnej väzby s využitím kyslíkovej sondy.

Kyslíková sonda (λ-sonda) má približne tvar zapaľovacej sviečky. Montuje sa do výfuku pred katalyzátor tak, že jej koniec zasahuje do prúdu výfukových plynov. Meria množstvo voľného kyslíka vo výfukových plynoch pomocou galvanického článku s pevným elektrolytom (z oxidu zirkónu). Prostredníctvom napäťových impulzov sonda informuje elektronickú riadiacu jednotku, ktorá reguluje vstrekovací systém tak, aby sa vždy dosiahlo normálne zloženie zmesi (s $\lambda = 1$). Nevýhodou regulácie na hodnotu $\lambda = 1$ je o niečo nižší výkon motora a vyššia spotreba paliva než bez katalyzátora.

Bezchybná práca katalyzátora nevyhnutne vyžaduje používanie bezolovnatého benzínu. Zlúčeniny olova by sa usadzovali v póroch aktívnej katalytickej vrstvy a zničili by katalyzátor.

Katalyzátor si musí zachovať dobrú účinnosť a musí spĺňať zákonom predpísané limity škodlivín najmenej počas 80 000 až 100 000 km.

Tam, kde sa využívajú katalyzátory vo väčšom počte automobilov, podstatne sa zlepšila kvalita ovzdušia, najmä vo väčších mestách.

Podobnú funkciu „dospaľovania“, ako katalyzátor benzínového motora, majú aj katalyzátory napomáhajúce dokonalému spaľovaniu napr. odpadov v spaľovniach komunálneho odpadu. Ďalším príkladom takéhoto katalytického procesu je selektívna katalytická redukcia oxidov dusíka v spalných plynoch. Takýmito katalyzátormi by mali byť vybavené všetky teplárne a kotolne.

Z komínov a výfukov by mali vychádzať len plyny, ktoré sa vo vzduchu prirodzene vyskytujú (t. j. O_2, N_2, CO_2).

Aj biokatalyzátory – enzýmy – sa využívajú pri ochrane životného prostredia.

Enzýmy tvoria aktívnu zložku mikroorganizmov (baktérií, kvasiniek, plesní), ktoré sa používajú na biologické odbúranie, „biodegradáciu“ nežiadúcich chemikálií. Príkladom takéhoto odbúravania sú:

– biodegradácia ropných látok v pôde,
– čistenie vzduchu od zapáchajúcich a prchavých látok pomocou biofiltra.

Výhody biologického čistenia:
– biodegradácia prebieha pri bežných teplotách (okolo 25 °C),
– látky, ktoré sa odstraňujú, sú pre mikroorganizmy potravou,
– produktmi rozkladu sú CO_2, voda a látky nezaťažujúce životné prostredie,
– náklady na biologické čistenie sú podstatne nižšie v porovnaní s inými metódami (spaľovanie, extrakcia, neutralizácia, adsorpcia, skládkovanie).

Likvidácia ropných látok v pôde

Používa sa pri odstraňovaní následkov havárií. Odstrániť sa takto dajú ropa, motorový olej, vykurovací olej, benzín, nafta, petrolej, aromatické uhľovodíky (benzén), polycyklické aromatické uhľovodíky i chlórované deriváty uhľovodíkov (PCB a iné).

Ako sa vykonáva biodegradácia?
– priamo v mieste znečistenia alebo na vyhradených izolovaných plochách,
– hrúbka vrstvy zeminy je max. 0,5 metra,
– dostatočný prívod kyslíka sa udržuje kyprením,
– dodávanie ďalších živín (N, P, K, stopové prvky) sa zabezpečuje prihnojovaním,
– dôležité je regulovať obsah vody v zemine a taktiež hodnotu pH,
– niekedy sa biodegradácia urýchľuje prídavkom baktérií (príp. kvasiniek a plesní, najmä pri kontaminácii ťažkými aromatickými uhľovodíkmi a chlórovanými uhľovodíkmi).

Dekontaminácia trvá spravidla jednu-dve sezóny. Účinnosť biologických metód býva 92 - 95 %.

Pri fyzikálnych a chemických metódach dekontaminácie vzniká mŕtva hmota, pri biotechnologických postupoch vzniká zdravá, biologicky aktívna hmota – pôda, ktorá sa dá znovu poľnohospodársky využívať.

F16 P31-P32

F17 P33

Čistenie vzduchu od zapáchajúcich a prchavých látok pomocou biofiltra

Závody chemického, papierenského, potravinárskeho priemyslu, poľnohospodárske závody a komplexy intenzívneho chovu zvierat produkujú aj látky s ostrým zápachom (uhľovodíky, zlúčeniny síry, halogénov, dusíka, sírovodík, sírouhlík, oxid siričitý, amoniak atď.).

Na čistenie vzduchu sa v súčasnosti používajú fyzikálne, chemické a biologické metódy. Často sa používa vysokoteplotné spaľovanie (nekatalyzované pri 700 - 800 °C, katalyzované pri 300 - 400 °C, pre spaľovanie polyhalogenovaných látok sú potrebné teploty nad 1500 °C). Biologické čistenie prebieha pri bežných teplotách (10 - 40 °C) pri atmosferickom tlaku. Účinne odstraňuje látky prítomné aj vo veľmi nízkych koncentráciách.

Základnou časťou biofiltra je *filtračná vrstva*. Ako materiál sa na ňu používa najmä kompost, rašelina, drevná kôra a iné prírodné materiály, v ktorých žijú mikroorganizmy schopné rozkladať škodlivé látky. Súčasne tieto materiály obsahujú živiny potrebné na rast mikroorganizmov. Čistený vzduch je do zariadenia vháňaný pomocou ventilátora a pred vstupom na filtračnú vrstvu sa zvlhčuje. Filtračný materiál sa postupne pokrýva vrstvou biomasy (mikroorganizmami). Bez výmeny náplne môže biofilter pracovať rok i dlhšie. Touto metódou je možné dosiahnuť stupeň vyčistenia vzduchu i nad 90 %. ***obrázok***

F17 P33

Príklady katalytických procesov v chemickom priemysle:

Katalytické reformovanie – na zvýšenie oktánového čísla benzínov

Funkcia katalyzátora: premieňať nízkooktánové zložky v benzíne na vysokooktánové
Katalyzátor: Pt na Al_2O_3

Hydrogenačná rafinácia – na zníženie obsahu síry alebo síry a dusíka v ropných frakciách

Funkcia katalyzátora: v prítomnosti vodíka premieňať rôzne typy sírnych a dusíkatých zlúčenín, prítomných v ropných frakciách, na plynné produkty – H_2S a NH_3
Katalyzátor: kovy – Mo, Co, Ni, W, nanesené na oxide hlinitom alebo na amorfných aluminosilikátoch, zvyčajne v dvojkombinácii CoMo, NiMo, NiW

Krakovanie – na premenu ťažkých ropných frakcií na ľahšie, najmä na pohonné hmoty – benzín a motorovú naftu

Katalyzátor: v prítomnosti vodíka: kovy – Ni, Mo, Co, nanesené v dvojkombinácii na amorfný aluminosilikát alebo na zeolit
bez vodíka: zeolit typu Y s obsahom kovov vzácnych zemín (lantanoidov)

Izomerizácia aromátov C_8 – premena 1,2- a 1,3-dimetylbenzénu (o- a m-xylénu**) a etylbenzénu na 1,4-dimetylbenzén (**p-xylén, potrebný na výrobu polyesterových vlákien)

Katalyzátor: Pt alebo Ni, na amorfnom aluminosilikáte alebo na zeolite

Dealkylácia – pri výrobe benzénu z toluénu

Katalyzátor: Cr na Al_2O_3

Alkylácia – výroba etylbenzénu (z benzénu a etylénu) – východzej suroviny pre výrobu polystyrénu

Katalyzátor: $AlCl_3$

Stužovanie tukov – kvapalné rastlinné oleje, obsahujúce nenasýtené dvojité väzby, sa „stužujú“ na tuhé rastlinné tuky hydrogenáciou katalyzovanou niklom (šupinky niklu).

S <u>enzýmovou katalýzou</u> sa doma určite stretávame najčastejšie.

Kde sa nachádzajú enzýmy? Gréci by odpovedali „én zyme“ – v droždí.

Enzýmy, podobne ako iné katalyzátory, znižujú aktivačnú energiu biochemických a chemických reakcií. Účinnosť a najmä selektivita enzýmov je oveľa vyššia ako chemických katalyzátorov. Z toho dôvodu napríklad reakcie spaľovania potravy, ktoré by inak prebiehali len pri vysokých teplotách (pri horení), v živých organizmoch prebiehajú postupne, cez jednotlivé medzistupne, <u>pri 37 °C</u>. Popri názve *enzým* sa (napr. v nemčine a ruštine) používa aj *ferment* (termín zaviedol Justus Liebig), pripomínajúci súvislosť s kvasením. Napr. fermentáciou (štvorhodinovým pôsobením enzýmov) sa mení zelený čaj na čierny čaj.

<u>Mechanizmus pôsobenia enzýmov:</u>

1. Tvorba komplexu enzým–substrát (východisková látka)	E + S → ES
2. Aktivácia komplexu ES	ES → ES*
3. Chemická premena substrátu za vzniku komplexu enzým–produkt	ES* → EP
4. Oddelenie enzýmu od reakčného produktu	EP → E + P

<u>Štruktúra enzýmu</u>

Všetky doteraz preskúmané a izolované enzýmy sú bielkoviny (proteíny). Niektoré sa skladajú z nasledujúcich častí:

apoenzým – vysokomolekulová neaktívna bielkovinová časť enzýmu,

koenzým – nízkomolekulová nebielkovinová zložka enzýmu, nevyhnutná pre katalytickú schopnosť (ióny kovov, organické molekuly, vitamíny).

Enzýmy sa zatrieďujú do šiestich hlavných skupín, podľa druhu reakcie, ktorú katalyzujú:

1. oxidoreduktázy	reakcie spojené s oxidáciou alebo redukciou,
2. transferázy	reakcie spojené s prenosom časti molekuly,
3. hydrolázy	reakcie spojené so štiepením molekuly za prítomnosti vody,
4. lyázy	reakcie spojené so štiepením molekuly inak ako hydrolyticky (rozklad bielkovín na peptidy pomocou trypsínu – súčasť trávenia),
5. izomerázy	reakcie spojené s vnútromolekulovými zmenami,
6. ligázy	reakcie spojené so zlučovaním dvoch molekúl.

Inhibítory – látky znižujúce aktivitu enzýmov

Inhibícia enzýmov môže byť:

a) vratná (reverzibilná) – po odstránení inhibítora sa aktivita enzýmu obnoví,

b) nevratná (ireverzibilná) – aktivitu enzýmu nie je možné obnoviť.

Inhibícia enzýmov zapríčiňuje otravy v ľudskom a živočíšnom organizme.

Námety na demonštrácie a žiacke pokusy

Úvod

Uvádzané reakcie sú kvalitatívne – t. j. nevyžadujú pripravovať zásobné roztoky presnej koncentrácie. Predpokladáme, že učitelia si demonštrácie pred prvým predvedením preskúšajú. Na ďalšie varianty a úpravy pokusov príde vyučujúci iste sám.

Časová náročnosť je stanovená približne – ako čas potrebný na uskutočnenie pokusu. V pracovných postupoch a v metodických poznámkach sme sa snažili vystihnúť niektoré ďalšie možné varianty a návrhy na využitie aj iných pomôcok a chemikálií. Finančné náklady pri všetkých experimentoch sú skutočne minimálne. Napríklad v predajniach s priemyselným tovarom je bežne dostupný 35 %-ný peroxid vodíka (technický) v 500 ml balení približne za 30-35 Sk. Takéto množstvo látky vystačí nielen na uskutočnenie uvedených pokusov pre učiteľa, ale i na tak potrebné žiacke experimentovanie.

V každej úlohe sa osobitná pozornosť venuje aj bezpečnosti práce. Na začiatok by sme chceli zdôrazniť to, čo sa už všade považuje za samozrejmosť, len u nás sa to ešte podceňuje: prvým pravidlom bezpečnosti pri práci v chemickom laboratóriu je nosenie ochranných okuliarov. Učiteľ musí byť aj v tomto príkladom.

V súbore *Papiere* ponúkame aj **Záznamový hárok pre žiaka** na spracovanie pozorovaní.

---

1. Dokážeš zapáliť cukor?

Cieľ: demonštrovať použitie popola ako katalyzátora reakcie cukru (sacharózy) s kyslíkom.

Pomôcky: nehorľavá podložka (kovová sieťka s azbestovou vložkou, kúsok plechu, doštička z tvrdého dreva), chemické kliešte (pinzeta), lyžička, liehový kahan, zápalky.

Chemikálie: kocka cukru, drevný popol.

Postup: Pokus uvedieme otázkou, či žiaci z domu vedia, čo sa stane, keď sa zohrieva cukor a či dokáže niekto z nich cukor zapáliť. Nad nehorľavou podložkou vložíme v chemických kliešťach do plameňa kahana kúsok kocky cukru. Cukor sa v plameni topí, hnedne a odkvapkáva, ale nezapáli sa. Cítime známu vôňu karamelu.

Vezmeme do klieští nový kúsok kocky cukru a druhou rukou ho (v sprievode nejakej zaklínacej formulky) „posolíme“ z prstov, medzi ktoré sme vopred nenápadne vzali trochu popola a vložíme ho do plameňa. Cukor sa zapáli. (Zapálený cukor necháme dohorieť na podložke.)

Vysvetlíme žiakom, v čom spočívalo naše kúzlo – že popol, ktorým sme posypali kocku cukru, funguje ako katalyzátor reakcie cukru s kyslíkom, t. j. horenia cukru. Katalyzátorom sú ióny lítia, prítomné v popole.

Časová náročnosť: 5 minút.

Typ na ďalšie experimentovanie: Vyzveme žiakov na spoločný výskum, či táto schopnosť popola závisí od toho, z čoho daný popol pochádza.

Chemikálie: cukor, kúsky špajdle, papiera, plastu, plátno, suchá rastlina,...

Postup: Vopred si pripravíme malé množstvá popola po dohorení rôznych látok (dreva, papiera, plastu, plátna, cukru, rastliny). Nad nehorľavou podložkou vloží zvolený žiak v chemických kliešťach do plameňa kahana kúsok kocky cukru jemne posypaný alebo „namočený“

do popola. Do tabuľky zapíšeme výsledky pozorovania. Zapálený cukor necháme dohorieť na podložke.

Pozorovanie:

Druh popola						
Cukor *horí* *nehorí*						

Záver:

Časová náročnosť: 20 minút.

Finančné náklady: minimálne.

Bezpečnosť práce: Kocky cukru pri zapaľovaní nedržíme v rukách! Zvyšky použitých látok likvidujeme po dostatočnom ochladení.

Metodické poznámky: V učebniciach chémie alebo v populárno-náučnej literatúre bol tento pokus založený na použití cigaretového popola. Aby sme nenabádali žiakov získať popol fajčením, navrhujeme iné druhy popola, resp. aj rôzne látky. Naporúdzi je drevný popol z ohniska, piecky, grilu (vhodné je takýto popol preosiať), či popol po dohorení zápalky alebo špajdle. Vystačíme aj s popolom po zhorení asi 5-6 cm^2 filtračného či novinového papiera alebo handričky. Žiaci si pod dohľadom môžu pripraviť i iné druhy popola. Zaujímavé môže byť použitie popola zo samotného cukru, ktorý získame zhorením čistého cukru intenzívnym zahrievaním kocky či kôpky cukru.

Použitie kockového cukru nie je podmienkou. Stačí použiť ¼ kocky cukru, resp. ½ malej lyžičky kryštálového alebo vhodnejšie práškového cukru. V takomto prípade je praktickejšie na zapálenie cukru použiť plameň plynového kahana či jednoduchšie zapálenú drevenú triesku. Oxidačný plameň z tubusu kahana (liehový kahan na tento účel nepoužívame – pri väčšom naklonení hrozí vyliatie liehu a jeho zapálenie) smerujeme na kôpku cukru vhodným nakláňaním kahana. Pri úvodnej ukážke, že „čistý“ cukor nehorí, sa jeho časť roztopí. Stačí ponorenie kocky cukru do popola alebo jemné posypanie jej zohriatej časti. Pri pokuse kahan mierne nakláňame, aby sa neznečistil prípadnými skaramelizovanými kvapkami cukru. Môžeme žiakom navrhnúť aj použitie napr. práškového železa, medi a pod. Žiakov je potrebné upozorniť na možné zapálenie horúceho roztopeného cukru – karamelu (uvoľňuje sa horľavý oxid uhoľnatý) aj bez katalyzátora plameňom či žeravým oceľovým hrotom alebo rozpálenou sklenenou tyčinkou.

2. Môže byť katalyzátorom voda?

Cieľ: Demonštrovať netypický príklad heterogénnej katalýzy – zlučovanie dvoch tuhých látok, katalyzované kvapalinou.

Reakciu hliníka s jódom urýchľuje voda:

$$2\,Al + 3\,I_2 \xrightarrow{H_2O} 2\,AlI_3$$

Variant A

Pomôcky: porcelánový téglik (Petriho miska, hodinové sklo), lyžičky, väčšia kadička na prikrytie téglika, roztieračka s roztieradlom, kvapkadlo, sklené miešadlo, väčší hárok papiera.

Chemikálie: práškový hliník, jód, voda.

Postup: Do porcelánového téglika (Petriho misky alebo na hodinové sklo) prenesieme asi ½ malej lyžičky práškového hliníka a rovnaké množstvo rozotreného jódu. Skleným miešadlom

zmes dobre premiešame a položíme na väčší hárok papiera. Do zmesi kvapneme 1-2 kvapky vody a ihneď prikryjeme väčšou sklenenou nádobou.

Pozorovanie: Po kvapnutí vody po chvíli pozorujeme vznik veľkého množstva predovšetkým fialových pár, často i so svetelným efektom.

Časová náročnosť: 10 minút.

Variant B

Pomôcky: porcelánový téglik (Petriho miska, hodinové sklo) 3 ks, lyžičky, väčšie kadičky na prikrytie téglika, roztieračka s roztieradlom, kvapkadlo, sklené miešadlo, väčšie hárky papiera.

Chemikálie: práškový hliník, jód, voda, pentahydrát síranu meďnatého (modrá skalica $CuSO_4.5H_2O$), heptahydrát síranu železnatého (zelená skalica $FeSO_4.7\ H_2O$), príp. iný kryštalohydrát.

Postup: Zmes oboch prvkov podľa postupu A môžeme rozdeliť na tri časti, napr. na tri hodinové sklá. Prvú časť zmesi necháme v kľude – a ani po chvíli nebadáme priebeh reakcie. Na druhú časť zmesi látok kvapneme vodu a prikryjeme ju väčšou kadičkou. Do malej jamky v tretej časti zmesi nasypeme malé množstvo práškovej modrej alebo zelenej skalice a tiež prikryjeme kadičkou.

Pozorovanie: Katalytickú syntézu hliníka a jódu pôsobením „normálnej“ vody a vody tvoriacej kryštalohydrát pozorujeme s určitým časovým posunom.

Časová náročnosť: 15 minút.

Náklady: na pomôcky minimálne; na chemikálie (pri nákupe hliníka asi 250,- Sk/100g, 99 % jódu 250,- Sk/100g, síranu meďnatého 250,- Sk/1 kg) pri spotrebe 1g z každej z týchto látok asi 8,- Sk.

Bezpečnosť práce: Používame len uvedené malé množstvá chemikálií. Z okolia miesta pokusu odstránime všetky predmety. Znečistené sklo a pomôcky umývame v malom množstve liehu a opláchneme teplou vodou. Pri styku jódu s pokožkou sa tvoria tmavohnedé škvrny, ktoré zotrieme kúskom vaty namočenej v liehu. Ruky nakoniec umyjeme mydlom a teplou vodou.

Metodické poznámky: Vznikajúci jodid hlinitý veľmi dobre až dychtivo prijíma vodu, ktorou sa hydrolyzuje. Hliník musí byť práškový, jemný. Pri dlhom reakčnom čase stačí hliník pár minút sušiť v mierne ohriatej miske. Jód treba opatrne rozotrieť. Ak použijeme čerstvo vysušený jemný práškový hliník a jemný čerstvo resublimovaný jód, pri reakcii môžeme pozorovať až vznik AlI_3 v podobe bieleho dymu. Podľa postupu B môžeme použiť rôzne hydratované soli. Pre porovnanie môže sa pri opakovanom či žiackych pokusoch použiť napr. kryštálik a prášok modrej skalice, zelenej skalice, kvapky koncentrovaného a zriedeného liehu (etanolu), Alpa, kúsok ľadu, vodná para a pod. Osvedčilo sa zmiešať uvedené malé množstvá práškového hliníka a rozotreného jódu intenzívnym trasením v malej uzatvorenej sklenej liekovke. Zmes sklepeme na dno, otvorenú liekovku položíme na papier a pokračujeme podľa postupu. K jednoduchým a efektným alternatívam uskutočnenia tohto pokusu patrí napríklad dotknutie sa zmesi hliníka a jódu vlhkým chumáčikom vaty pripevnenej na konci drevenej špajdle.

3. Roztrhnutie hliníkovej plechovky

Cieľ: Demonštrovať použitie kuchynskej soli ako katalyzátora.

Keďže hliník je menej ušľachtilý kov ako meď, modrý roztok síranu meďnatého reaguje s hliníkom – meďnaté katióny podliehajú redukcii a atómy hliníka sa oxidujú. Túto redoxnú reakciu môžeme urýchliť prídavkom kuchynskej soli – NaCl.

$$2\,Al^0 + 3\,Cu^{2+} \xrightarrow{NaCl} 3\,Cu^0 + 2\,Al^{3+}$$

Pomôcky: spätný projektor, Petriho miska, ostré nožničky (kružidlo, nožík, triangel), sklená miska, lyžička

Chemikálie: pentahydrát síranu meďnatého (modrá skalica), voda, kuchynská soľ (NaCl), hliníkový pliešok, prázdne plechovky od sýtených nápojov (napr. koly alebo piva).

Príprava: Pripravíme si 500 ml 10%-ného vodného roztoku síranu meďnatého. Asi desatinu roztoku si v malej fľaštičke necháme na vyučovaciu hodinu.

V roztoku modrej skalice rozpustíme dve malé lyžičky (asi 10 g) kuchynskej soli. Všetky plechovky od nápojov majú tenkú hliníkovú stenu zvnútra pokrytú ochrannou hygienickou polymérovou vrstvou, aby nápoj chutil. Ak túto vrstvu porušíme, odkryje sa kovový hliník. Preto ostrým hrotom (napríklad nožničiek) urobíme ryhu v tvare kružnice po vnútornom obvode približne uprostred plechovky. Dbáme na to, aby bola ryha čo najrovnejšia, bez mnohých zárezov a aby sme plechovku neprepichli. Plechovku položíme do sklenej misky a nalejeme do nej pripravený roztok. Hladina roztoku v plechovke by mala siahať asi 1 cm nad ryhu.

Pozorovanie: Ihneď po vliatí roztoku sa v ryhe plechovky objaví červená vyredukovaná meď. Po 5 až 10 minútach by mal z plechovky na viacerých miestach ryhy začať roztok presakovať, resp. až vytekať. Vtedy plechovku vyprázdnime. Použitý roztok (obsahuje aj hlinité katióny) môžeme prefiltrovať, meď ako filtračný zvyšok premyť vodou a tiež odložiť na ďalšie použitie.

Postup: Na vyučovacej hodine môžeme pred začiatkom pokusu vyzvať niektorého mocného žiaka na roztrhnutie plechovky z nápoja ťahom. Jeho snaha sa zrejme skončí iba deformáciou plechovky. Pripravenú plechovku so zoxidovanou vrstvičkou hliníka, ktorá sa bude dať roztrhnúť, ponúkneme na roztrhnutie niektorej žiačke. Žiakom sľúbime, že sa v priebehu hodiny dozvedia, ako sa dá plechovka upraviť tak, aby sa dala ľahko roztrhnúť.

Predstavíme im reakciu hliníka s meďnatými iónmi a možnosť jej katalytického urýchlenia chloridovými iónmi.

Roztok modrej skalice nalejeme do Petriho misky a položíme ju spätný projektor. Do misky vložíme malý hliníkový pliešok (1×1 cm). Keďže nebudeme pozorovať v roztoku žiadnu zmenu, po chvíli ho trochu posolíme zo soľničky. Reakcia začne potom viditeľne prebiehať. Okolo pliešku sa budú vyvíjať bublinky plynu, modrý roztok vybledne a hliníkový pliešok sa postupne zmení na medenú hubku.

Následne môžeme žiakov nechať vyškrabať si do ďalších plechoviek kružnice alebo ľubovoľné obrazce a v roztoku modrej skalice a NaCl si ich nechať vyleptať.

Časová náročnosť: príprava 10 minút a asi 10 minút čakania na zreagovanie vrstvičky hliníka.

Náklady: na chemikálie asi 12,- Sk.

Bezpečnosť práce: s modrou skalicou a jej roztokom pracujeme opatrne. Zlúčeniny medi sú jedovaté!

Metodické poznámky: Námetmi na diskusiu so žiakmi môže byť napríklad uvoľňovanie energie počas reakcie, vznik relatívne veľkého množstva plynnej látky, jej možného dôkazu, dôvody pokrývania kovu plastom a podobne. Z výchovného hľadiska by sme určite mali uprednostniť použitie prázdnej plechovky z nealkoholických nápojov. Alternatívne (i jednoduchšie) sa dá zhotoviť ryha po vonkajšej strane obalu plechovky. V tomto prípade sa vhodne zaťažená plechovka (napríklad gumenými zátkami či vodou) vkladá do väčšej kadičky a hladina naliateho roztoku v nej by mala opäť siahať asi 1 cm nad ryhu. Pri plechovke zaťaženej vodou je kontrola ukončenia oxidácie hliníkovej vrstvičky sťažená. Presakovaním vody z plechovky dôjde tiež k zníženiu koncentrácie použitého roztoku. Výhodne môžeme použiť i časti rozstrihanej plechovky. Na takýchto častiach obalu sa ryha prípadné iné kresby zhotovia ľahšie a taktiež spotreba roztoku bude menšia. Upravenú časť obalu

plechovky len vložíme do kadičky a zalejeme pripraveným roztokom. Okrem obalov z nápojov sa na tento experiment dajú použiť hliníkové obaly zo šumivých tabletiek, obaly z niektorých liekov, lepiacou páskou vhodne upravené hliníkové fólie, plechy, hliníkové izolované vodiče a podobne. Ak sa namiesto roztoku modrej skalice použije roztok chloridu meďnatého a kuchynskej soli, katalytická redukcia bude prebiehať približne dvakrát rýchlejšie. Umožní to podstatné zníženie koncentrácie roztoku $CuCl_2$ (2 %).

4. Rozklad peroxidu vodíka

Cieľ: Zopakovať a rozšíriť si poznatky o klasických i netradičných látkach umožňujúcich uvoľniť kyslík z roztoku peroxidu vodíka.

4 A. Nielen burel to dokáže

Cieľ: Experiment umožní spoznať, ktoré látky katalyzujú rozklad peroxidu vodíka.

$$2\ H_2O_2 \xrightarrow{\text{katalyzátor}} 2\ H_2O + O_2$$

Pomôcky: skúmavky, stojan na skúmavky, lyžičky, špachtličky, liehový kahan, špajdle, nepoužitá injekčná ihla.

Chemikálie: koncentrovaný roztok peroxidu vodíka, destilovaná voda, MnO_2 (burel), $KMnO_4$, $(NH_4)_2SO_4$, prášková meď, práškové železo, $FeCl_3$, PbO_2, V_2O_5, $CoCl_2$, sušené alebo čerstvé droždie, sliny, aktívne uhlie, krv, piesok, ...

Postup: Pripravíme si 5 – 6 %-ný roztok peroxidu vodíka a do polovice ním naplníme skúmavky v stojane. Postupne do označených skúmaviek pridávame malé množstvo (na hrot špachtličky, pár kvapiek) jednotlivých látok (prvú skúmavku ponecháme ako kontrolnú). Prítomnosť kyslíka v skúmavke dokazujeme vkladaním rozžeraveného konca špajdle.

Pozorovanie: V prvej skúmavke môžeme po čase zbadať iba malé množstvo bubliniek kyslíka; špajdľa sa nezapáli. V niektorých skúmavkách sa kyslík uvoľňuje búrlivo, drevená špajdľa sa zapáli okamžite. V iných skúmavkách je vývoj plynu pomalší, koniec špajdle sa žeraví a opakovanou skúškou sa po čase môže tiež zapáliť. V niektorých skúmavkách viditeľne katalýza peroxidu vodíka prebieha, množstvo uvoľneného kyslíka však nestačí na vzbĺknutie špajdle. Pozorovania zapisujeme prehľadne do tabuľky. Napríklad:

Látka	$KMnO_4$ (s)	$KMnO_4$ (aq)	olovo (piliny)	drevné uhlie	meď (prášok)				
Pozorovanie *	+++	+++	+	–	++				

* *špajdľa sa zapáli rýchlo* +++
špajdľa sa zapáli ++
koniec špajdle sa žeraví +
špajdľa sa nezapáli –

Časová náročnosť: 15 - 40 minút, podľa počtu použitých skúmaných látok

Náklady: pri nákupe 500 ml 35 % H_2O_2 za asi 35 Sk, približne 10 Sk

Bezpečnosť práce: zvýšiť opatrnosť pri riedení koncentrovaného roztoku H_2O_2

Metodické poznámky: V drogériách je výhodné zakúpiť technický 35 % roztok H_2O_2. Na získanie niekoľkých kvapiek krvi poslúži originálny vystreľovací hrot pre diabetikov, ktorý je napríklad

súčasťou digitálneho glukomera. Netreba sa obávať ani použitia ihly. Jemné pichnutie novou injekčnou ihlou do silne stlačeného bruška prsta postačí na pár kvapiek krvi. Do skúmavky ich ľahko prenesieme čistou sklenenou tyčinkou alebo špajdľou. $KMnO_4$ použijeme iba niekoľko kryštálikov a asi 0,1 %-ný vodný roztok. Ak malé množstvo sušeného alebo čerstvého droždia (2 g) rozotrieme asi v 10 ml vody a zmes prefiltrujeme, získame niekoľko mililitrov katalázy, ktorá pomerne dobre rozkladá peroxid vodíka. Okrem uvedených tuhých (kusových, kryštalických, práškových) látok odporúčame použitie asi 10 %-ných roztokov látok rozpustných vo vode. Práca žiakov v skupinách umožní skúmať mnohé iné látky, ktoré môžu katalyzovať rozklad peroxidu vodíka. Napríklad rôzne druhy popola, olovo, drevné a živočíšne uhlie, platinový drôtik, PbO, $Fe(OH)_3$, jemný piesok, prach, krieda. Každú látku dávkujeme do skúmaviek čistou špachtličkou alebo lyžičkou.

4 B. Katalyzátor pomôže aj slonovi

Cieľ: Predstavte si, koľko túb zubnej pasty by ste museli vytlačiť na zubnú kefku na vyčistenie zubov slona! V predchádzajúcom pokuse ste mohli spoznať, že jednou z látok, ktorá urýchli rozklad peroxidu vodíka je aj chlorid kobaltnatý. Ten ako katalyzátor reakcie spolu s niektorými ďalšími látkami uvoľní z reakčnej nádoby značné množstvo hmoty v podobe hustej peny za pomerne krátky čas.

Pomôcky: vysoký odmerný valec (100 ml), malá kadička, veľká podložná miska (tácka), lyžička.

Chemikálie: ¼ malej lyžičky $CoCl_2$ (asi 2 g), ¼ malej lyžičky Na_2CO_3 (asi 2 g), 20 ml destilovanej vody, 10 ml saponátu, 15 ml 30 % peroxidu vodíka.

Postup: V malej kadičke zmiešame $CoCl_2$ a Na_2CO_3 a zmes rozpustíme v 20 ml destilovanej vody. Pridáme saponát a dobre premiešame. Vysoký odmerný valec vložíme do podložnej misky. Pripravený roztok vlejeme do valca. Nakoniec do valca naraz vlejeme peroxid vodíka.

Pozorovanie: Vo valci sa tvorí veľké množstvo peny, ktorá sa ako plastická hadica vinie okolo valca.

Časová náročnosť: 10 minút.

Náklady: na chemikálie asi 5 Sk, na pomôcky minimálne.

Bezpečnosť práce: S koncentrovaným peroxidom vodíka pracovať opatrne. Pri dodržaní množstiev chemikálií nehrozí experimentátorovi žiadne nebezpečenstvo.

Metodické poznámky: Počas reakcie rozkladom uhličitanu sodného vzniká aj značné množstvo oxidu uhličitého. Ten spolu s kyslíkom, vodou a saponátom vytvárajú hustú penu. Na pokus je možné namiesto chloridu kobaltnatého použiť aj manganistan draselný, namiesto uhličitanu sodného aj hydrogenuhličitan sodný, prípadne ich koncentrovanejšie roztoky.

5. Platina ako katalyzátor

Nasledujúce tri pokusy predstavujú platinu ako veľmi účinný katalyzátor mnohých reakcií.

5 A. Je to naozaj tá drahá platina?

Cieľ: Ak nájdete v zbierke chemikálií kúsok lesklého drôtika alebo malej špirálky na miestach, kde by mali byť platinové drôtiky, môžete začať pochybovať o pravosti platiny. Uvádzame jednoduchý spôsob identifikácie pravosti platiny.

Pomôcky: liehový kahan, zápalky, malé skúmavky, stojan na skúmavky

Chemikálie: skúmaný (platinový?) drôtik, 6 %-ný roztok peroxidu vodíka, vodný roztok HCl (1:1), granula cínu, olovený brok

Postup: Do skúmavky s roztokom peroxidu vodíka vložíme skúmaný drôtik. Do ďalších skúmaviek s roztokom HCl a cínu alebo olova tiež postupne vsunieme skúmaný drôtik. Drôtik sa musí kovov dotýkať.

Pozorovanie: Ak vo všetkých skúmavkách pozorujeme väčšie množstvo bubliniek plynu, našli sme skutočne platinové drôtiky.

Časová náročnosť: 5 minút

Finančné náklady: minimálne

Bezpečnosť práce: S HCl treba pracovať opatrne!

Metodické poznámky: Na overenie pravosti platiny môžeme použiť i nasledujúci pokus tohto súboru. Pre samostatnú prácu žiakov možno zadať úlohu chemicky dokázať, identifikovať predložené vzorky drôtikov, napríklad očistený oceľový, medený, platinový drôtik. Žiaci si v prvej časti vlastného teoretického rozboru od učiteľa vyžiadajú ďalšie potrebné chemikálie.

5 B. Platina – zapaľovač

Cieľ: Názorná a nenáročná ukážka katalytických vlastností platiny: platinový drôtik dokáže zapáliť benzín, presnejšie benzínové pary.

Pomôcky: malá sklená miska, hodinové sklo na prikrytie misky (Petriho miska s vrchnákom), liehový kahan, zápalky, špajdľa

Chemikálie: platinový drôtik, benzín

Postup: Do malej sklenenej misky nalejeme 3 - 5 ml benzínu, postačí výška vrstvy asi 1 - 2 mm. Zapálenú zápalku priložíme k miske a potom misku prikryjeme hodinovým sklom. Hodinové sklo z misky zložíme. Pokúsime sa zapáliť benzín tlejúcou zápalkou (špajdľou). Platinový drôtik stočený do krátkej špirály vložíme na krátky čas do plameňa kahana a priblížime sa ním k hladine benzínu v miske. Snažíme sa drôtik držať nad hladinou benzínu približne 30 až 50 sekúnd. Pokus môžeme opakovať niekoľkokrát.

Pozorovanie: Benzín sa dá zapáliť len otvoreným plameňom zápalky. Horí svietivým, mierne čadivým plameňom. Platinový drôtik sa v benzínových parách rozžeraví a asi po 30 sekundách sa pary zapália.

Časová náročnosť: 10 minút

Finančné náklady: Ak má učiteľ k dispozícii platinový drôtik, náklady sú minimálne.

Bezpečnosť práce: Pri opatrnej práci nehrozí vážne nebezpečie. Zo zásobnej fľaše vhodným spôsobom odoberieme vždy len potrebné množstvo benzínu, postačia asi 3 ml.

Metodické poznámky: Na pokus sa môže použiť aj koncentrovaný etanol, denaturovaný lieh na horenie, acetón. Použitie éteru, či inej horľavej kvapaliny vyžaduje pred didaktickým využitím praktické preskúšanie a získanie primeranej zručnosti. Na pokus je výhodné použiť platinovú elektródu (platinová špirála zatavená do sklenej rúrky s medeným kontaktným drôtikom často aj s gumenou zátkou). Elektródy sú súčasťou takmer každej súpravy laboratórnych pomôcok. Aj platinový drôtik, resp. platinové očko môžeme niekoľkonásobným otočením okolo tenkej ceruzky ľahko upraviť do tvaru špirály. Špirálou môžeme počas žeravenia pohybovať tesne nad hladinou, ale aj sčasti ponoriť do etanolu. Ponorená časť drôtika pohasne, nežeraví sa. Neviditeľné pary horľaviny nad miskou môžeme pre zaujímavosť miernym fúkaním odvievať. Žeravenie špirály striedavo slabne a silnie.

5 C. Do tretice platina

Cieľ: Platina bude vhodným katalyzátorom inak veľmi pomalej reakcie plynného amoniaku so vzdušným kyslíkom. Ak v reakcii použijeme kyslík pripravený známym katalyzovaným rozkladom peroxidu vodíka (napríklad s MnO_2), reakcia prebieha rýchlejšie.

$$4\ NH_3 + 5\ O_2 \longrightarrow 4\ NO + 6\ H_2O$$

$$2\ H_2O_2 \xrightarrow{MnO_2} O_2 + 2\ H_2O$$

Variant A

Pomôcky: malá kužeľová banka (kadička), liehový kahan, zápalky

Chemikálie: roztok amoniaku (konc.), platinový drôtik

Postup: K ústiu kužeľovej banky s 10 ml koncentrovaného roztoku amoniaku priložíme nahriaty platinový drôtik. Drôtik zasúvame postupne do vnútra banky až k hladine roztoku. Pokus zopakujeme s miernym zahriatím roztoku amoniaku.

Pozorovanie: Platinový drôtik sa pri ústí banky i nad hladinou znova rozžeraví. Po zahriatí roztoku je žeravenie drôtika zreteľnejšie.

Časová náročnosť: 5 minút

Variant B

Pomôcky: malá kužeľová banka (50 ml, kadička), liehový kahan, zápalky, oddeľovací lievik, frakčná banka, odvodná rúrka

Chemikálie: roztok amoniaku (konc.), platinový drôtik, 6 %-ný roztok peroxidu vodíka, MnO_2

Postup: V aparatúre na vývoj plynu pripravíme kyslík prikvapkávaním H_2O_2 na tuhý MnO_2. Do roztoku amoniaku v banke zavedieme odvodnou rúrkou z frakčnej banky malé množstvo kyslíka. K ústiu kužeľovej banky priložíme zahriaty platinový drôtik a pomaly zasunieme do vnútra banky s plynnou zmesou amoniaku a kyslíka. Pokus zopakujeme s mierne zahriatym roztokom amoniaku.

Pozorovanie: Už pri ústí kužeľovej banky je zreteľné žeravenie drôtika. V banke žeravenie drôtika silnie. Nad hladinou roztoku sa tvorí biely dym zo zmesi plynného oxidu dusnatého, plynného amoniaku a vodnej pary. Po zahriatí amoniaku sa biely dym tvorí vo väčšom množstve.

Časová náročnosť: 15 minút

Náklady: minimálne

Bezpečnosť práce: Pokus robiť ako demonštračný v uvedených nádobách s malými objemami. Banku s amoniakom počas práce vhodne prikrývame hodinovým sklíčkom. Po ukončení pokusu roztok amoniaku likvidujeme vo výlevke veľkým zriedením vodou.

Metodické poznámky: V pozorovanom bielom dyme sa nachádzajú tiež kvapôčky kyselín HNO_3 a HNO_2, ktoré sa tvoria reakciou vznikajúcich molekúl vody s molekulami plynného oxidu dusnatého. Jeho prítomnosť vysvetľuje aj veľmi slabé (takmer nepozorovateľné) červenohnedé sfarbenie v hornej časti objemu banky vznikajúcim oxidom dusičitým.

$$2\ NO + O_2 \longrightarrow 2\ NO_2$$

Časť vznikajúcej vodnej pary sa zráža, kondenzuje na vnútorných stenách banky.
Platinový drôtik stačí mierne zahriať.

6. Autokatalýza

Cieľ: Spoznať reakciu, počas ktorej vzniká z niektorého reaktantu látka, ktorá túto reakciu sama katalyzuje. Pri redukcii manganistanu draselného kyselinou šťaveľovou katalyticky pôsobia vznikajúce mangánaté katióny Mn^{2+}. Na začiatku pokusu takéto ióny pripravíme v prvej skúmavke a využijeme ich na urýchlenie reakcie s tými istými reaktantmi v druhej skúmavke.

Pomôcky: skúmavky (tenkostenné), držiak na skúmavky, lyžička, liehový kahan, zápalky

Chemikálie: kyselina šťaveľová, manganistan draselný, destilovaná voda

Postup: Do dvoch skúmaviek vsypeme kyselinu šťaveľovú (na koniec lyžičky) a pridáme 3 ml vody. Do ďalších dvoch skúmaviek vhodíme 1 - 2 zrnká $KMnO_4$ a prilejeme 3 ml vody. Obsah skúmaviek pretrepeme. Roztoky kyseliny šťaveľovej vlejeme do skúmaviek s roztokom $KMnO_4$. Jednu zo skúmaviek so zmesou mierne zahrievame (asi 10 sekúnd) v plameni liehového kahana. Pozorujeme a porovnávame zmenu farby roztoku v oboch skúmavkách. Po výraznej farebnej zmene v jednej zo skúmaviek jej obsah vlejeme do druhej, v ktorej sme výraznejšiu zmenu farby zatiaľ nezaznamenali. Porovnáme čas, za ktorý sa teraz zmení farba roztoku v skúmavke.

Pozorovanie: V skúmavke, ktorej obsah sme zahriali, sa fialová farba roztoku zmenila na bledožltú asi po 2 minútach, roztok sa odfarbil asi za 4 minúty. Farba roztoku v druhej skúmavke (bez zahriatia) sa nezmenila. Výrazná zmena farby roztoku indikuje vznik mangánatých katiónov. Po naliatí číreho roztoku do skúmavky s fialovým roztokom sa farebná zmena dala pozorovať už po niekoľkých sekundách.

Typ na ďalšie experimentovanie: Dajú sa mangánaté katióny zmeniť, oxidovať opäť na manganisté? Do inej skúmavky nalejeme asi 1 ml roztoku mangánatej soli (pripravenej v uvedenom pokuse) a pridáme malé množstvo práškového PbO_2 a 1 ml (l0 kvapiek) koncentrovanej kyseliny dusičnej. Zmes zahrejeme opatrne do varu. Na dne skúmavky sa rýchle usadí PbO_2 (katalyzátor) a pozorujeme, že roztok nad oxidom má výraznú fialovú farbu.

Časová náročnosť: 15 minút

Finančné náklady: minimálne, ak sú v zbierke chemikálií uvedené látky

Bezpečnosť práce: Kyselina šťaveľová je jed!

Metodické poznámky: Pri normálnej teplote je reakcia veľmi pomalá a k výraznej farebnej zmene treba dlhší reakčný čas. Reakcia kyseliny šťaveľovej s $KMnO_4$ začne prebiehať niekoľkokrát rýchlejšie po zahriatí. Priebeh reakcie sa postupne urýchľuje vplyvom vznikajúcich iónov Mn^{2+}, ktoré pôsobia ako autokatalyzátor. Ak roztok s Mn^{2+} vlejeme do skúmavky s $KMnO_4$ a $(COOH)_2$ hneď na začiatku reakcie, čas potrebný na rovnakú zmenu farby bude podstatne kratší. V literatúre uvádzané kyslé prostredie reakcie (napríklad pridaním H_2SO_4) nie je nevyhnutné. Pri použití roztokov len kyseliny šťaveľovej a manganistanu draselného je farebná zmena počas reakcie rovnaká, iba reakčný čas v oboch skúmavkách sa predĺži. Čas potrebný na priebeh reakcie sa teda môže skrátiť priamym zahriatím skúmaviek s reaktantmi, ich ponorením skúmaviek do teplého kúpeľa, pridaním niekoľkých kvapiek asi 20 % H_2SO_4. Ak chce učiteľ žiakom ukázať takmer okamžité odfarbenie fialového roztoku, vhodí do skúmavky 2 - 3 zrnká mangátanej soli (napríklad chloridu mangánatého).

Slovník nových pojmov

aktivačná energia	energetická bariéra na ceste od reaktantov k produktom
aktivita katalyzátora	udáva, akú časť reaktantu sa katalyzátoru podarilo premeniť na požadovaný produkt
apoenzým	vysokomolekulová neaktívna bielkovinová časť enzýmu
autokatalýza	reakcia, pri ktorej katalyzátorom je produkt alebo medzipodukt danej reakcie
enzým	biokatalyzátor
heterogénna katalýza	katalytická reakcia, pri ktorej katalyzátor a reaktanty sú v rôznych fázach (najčastejšie je katalyzátorom tuhá látka a reakcia prebieha v plynnej alebo v kvapalnej fáze)
homogénna katalýza	celá sústava aj s katalyzátorom je v jednej fáze (kvapalnej alebo plynnej)
inhibítor	negatívny katalyzátor znižujúci rýchlosť reakcie
katalytický jed	látka dezaktivujúca katalyzátor
katalýza	zmena rýchlosti reakcie účinkom katalyzátora
katalyzátor	látka, ktorá mení rýchlosť (urýchľuje alebo spomaľuje) chemickej reakcie bez toho, že by sa v nej sama spotrebovávala
koenzým	nízkomolekulová nebielkovinová zložka enzýmu nevyhnutná pre katalytickú schopnosť (ióny kovov, organické molekuly, vitamíny)
krakovanie	štiepenie veľkých molekúl alkánov z ťažkých ropných frakcií na menšie molekuly
molekulové sito	pórovitá látka, do dutín ktorej sa zmestia len atómy, resp. molekuly určitej veľkosti
reakčná koordináta	myslená dráha na energetickej „hyperploche“ od reaktantov k produktom
promótor	látka, ktorá fyzikálne, chemicky alebo svojou priestorovou štruktúrou zlepšuje účinnosť katalyzátora, aj keď sama nie je katalyzátorom
rovnovážna konštanta	stechiometrický pomer koncentrácií produktov a reaktantov za rovnováhy; jej hodnota závisí od teploty
rýchlostná konštanta	konštanta úmernosti medzi rýchlosťou reakcie a koncentráciami reaktantov; konštantou je len pri konštantnej teplote
rýchlosť reakcie	udáva sa najčastejšie ako časová zmena (úbytok) koncentrácie reaktantov (v konštantnom objeme sústavy)
selektivita katalyzátora	udáva, koľko z reaktantu zreagovalo na požadovaný produkt (ak sa reaktanty môžu meniť na rôzne produkty)

veľkosť povrchu katalyzátora	má veľký vplyv na jeho aktivitu, preto musí byť čo najväčšia; vhodné pórovité materiály zabezpečujú povrch až stovky m^2 na gram katalyzátora
vplyv teploty na rýchlosť chemickej reakcie:	rýchlosť reakcie s teplotou exponenciálne rastie
zeolity	hlinitokremičitany (aluminosilikáty) s veľmi veľkým vnútorným povrchom a so sústavou dutín a kanálikov, do ktorých sa zmestia iba častice určitej veľkosti; využívajú sa ako katalyzátory a nosiče katalyzátorov a ako molekulové sitá

Anglicko – slovenský slovník najdôležitejších výrazov

aktivačná energia	activation energy
aktivita katalyzátora	catalytic activity
autokatalýza	auto-catalysis
automobilový katalyzátor	catalytic converter
enzým	enzyme
homogénna a heterogénna katalýza	homogeneous and heterogeneous catalysis
inhibítor	inhibitor
katalytický jed	catalytic poison
katalýza	catalysis
katalyzátor	catalyst
koenzým	co-enzyme
koncentrácia	concentration
molekulové sitá	molecular sieve
reakčná koordináta	reaction coordinate
rovnovážna konštanta	equilibrium constant
rýchlosť reakcie	reaction rate
rýchlostná konštanta	rate constant
teplota	temperature
tlak	pressure
selektivita katalyzátora	selectivity of the catalyst
veľkosť povrchu katalyzátora	surface area of the catalyst
vplyv teploty na rýchlosť chemickej reakcie	influence of temperature on the reaction rate
zeolity	zeolites

Tému katalýza zakončíme krátkym testom, v ktorom majú žiaci vybrať spomedzi štyroch ponúkaných odpovedí všetky správne. Za každou otázkou je rôzny počet správnych odpovedí (určite aspoň jedna, ale niekedy aj všetky). Aby si žiaci nemohli povedať, že bude výhodné vyznačiť všetky odpovede, odporúčame takéto hodnotenie: správna odpoveď 2 body, chýbajúca odpoveď 0 bodov, nesprávna odpoveď – 1 bod. **Správne odpovede sú vytlačené hrubo.** Dá sa získať 48 bodov.

---

1. Ak chceme urýchliť priebeh chemickej reakcie, musíme:
a) **zvýšiť koncentráciu reaktantov**,
b) **z reakčnej** zmesi **odstraňovať** produkty,
c) **pridať do reakčnej zmesi katalyzátor,**
d) **zvýšiť teplotu reakčnej sústavy**.

2. Ak chceme zvýšiť výťažok reakcie, musíme:
a) **zvýšiť koncentráciu reaktantov,**
b) **z reakčnej zmesi odstraňovať produkty,**
c) pridať do reakčnej zmesi katalyzátor,
d) zvýšiť teplotu reakčnej sústavy.

3. Katalýza sa uplatňuje:
a) málokedy,
b) len pri niektorých priemyselných výrobách (napr. v ropných rafinériách),
c) **pri výrobe väčšiny výrobkov chemického a potravinárskeho priemyslu,**
d) **aj v živých organizmoch.**

4. Rýchlosť chemickej reakcie, prebiehajúcej v roztoku závisí od:
a) **koncentrácie reaktantov,**
b) **koncentrácie katalyzátora,**
c) **teploty,**
d) veľkosti nádoby.

5. Rýchlosť chemickej reakcie, katalyzovanej tuhým katalyzátorom závisí od:
a) **koncentrácie reaktantov,**
b) **hmotnosti katalyzátora,**
c) **veľkosti aktívneho povrchu katalyzátora,**
d) **prítomnosti katalytických jedov.**

6. Ktorá z uvedených látok katalyzovala rozklad peroxidu vodíka?
a) piesok,
b) **burel (oxid manganičitý, MnO_2),**
c) **krv,**
d) **droždie (kvasnice).**

7. Ako katalyzátory prispievajú k ochrane životného prostredia?
a) **umožňujú znižovať energetickú náročnosť výroby (znížením reakčnej teploty),**
b) **používajú sa na zlepšenie zloženia výfukových plynov (odstraňujú CO, NO_x a nespálené uhľovodíky),**
c) **používajú sa na rozklad ropných látok pri ekologických haváriách,**
d) umožňujú znižovať množstvá reagujúcich látok.

8. Autokatalýza je:
a) reakcia zvyšujúca rýchlosť automobilov,
b) **reakcia, v ktorej je katalyzátorom produkt reakcie,**
c) reakcia prebiehajúca v automobilovom katalyzátore,
d) **reakcia, pri ktorej sa katalyzátor vytvára v priebehu reakcie.**

9. Aktivačná energia sa po pridaní katalyzátora (urýchľujúceho danú reakciu):
a) zvýši,
b) **zníži,**
c) nezmení,
d) neviem, lebo aktivačná energia nesúvisí s rýchlosťou reakcie.