



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Název školy	Gymnázium Josefa Ressela, Chrudim, Olbrachtova 291
Název a číslo OP	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost, CZ. 1.5, Název projektu: Inovace ve vzdělávání na Gymnáziu Chrudim, reg.č.:CZ.1.07/1.5.00/34.0249
Název šablony klíčové aktivity	III/2 Zvyšování kvality výuky prostřednictvím ICT
Tematická oblast (předmět)	Chemie
Název sady vzdělávacích materiálů	Biochemie
Jméno tvůrce vzdělávací sady	Mgr. Bc. Zuzana Leksová
Číslo sady	III/2-5-3-12
Anotace	Výuková prezentace na téma enzymy, jejich struktura, rozdělení a inhibice.
Ověřeno ve výuce: ročník, třída, dne, předmět	3. ročník vyššího gymnázia, 7.E, 30.4.2013, Chemie

ENZYMY

- starší označení pro enzymy – **FERMENTY**
- katalyzují průběh biochemických reakcí v organismu = **BIOKATALYZÁTORY**,
urychlují přeměny (snižují aktivační energii E_A), ale **nemění složení**
rovnovážné směsi
- vyskytují se **ve všech živých organismech**, zabezpečují **metabolické pochody**
- **specifita (druhov)** – každý biologický druh má vlastní enzymy

ENZYMY - katalýza

- umožňují průběh biochemických reakcí v organismu za **mírných podmínek**:
teplota 20-40°C, stálý tlak 0,1 MPa, většinou neutrální pH
- mají **specifitu substrátu** - určují, které výchozí látky (substráty) zreagují, tj. enzym katalyzuje přeměnu jen určitého substrátu a **specifitu účinku** - určují jaký typ chemické reakce proběhne a ji regulují, tj. reakce probíhá jen určitým způsobem (týž substrát může být přeměňován více enzymy na různé produkty), specifita může být absolutní, jiné enzymy napadají celé skupiny látek (určité strukturní znaky)
- **účinnější** než umělé katalyzátory, snadněji **regulovatelné**
- **netoxické**



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

ENZYMY - struktura

- chemickým složením patří mezi **bílkoviny** (**jednosložkové** - pouze z bílkoviny)
navíc mohou obsahovat i **nebílkovinnou složku** = **kofaktor** (složené bílkoviny),
který je na rozdíl od bílkovinné části **tepelně stabilní**, nese specifitu účinku
- kofaktor
 -  **ion kovu** = **prostetická skupina** - pevně vázána na bílkovinu
 -  tvoří **metaloenzym** (Zn^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , K^+ , Na^+)
 - ion - součást aktivního centra nebo tvoří můstky pro vazbu substrát-enzym, případně stabilizuje strukturu enzymu
 -  **organická molekula** = **koenzym** - slabě vázána (disociace)
- holoenzym** - **dvousložkový**, bílkovinná složka + kofaktor (katalyticky aktivní)
- apoenzym** - nese specifitu substrátu, pouze bílkovinná část enzymu



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

ENZYMY - názvosloví

TRIVIÁLNÍ

- **původní** názvy (souvisely s místem výskytu nebo funkcí) – koncovka **IN**
např. trypsin, pepsin, ...
- většinou ale obsahuje **název substrátu (typ reakce)** a koncovku **ÁZA** např.
amyláza, oxidáza, laktáza, ...

SYSTEMATICKÉ

- snaha o pojmenování enzymů skutečným popisem reakcí, jež katalyzují
- **název substrát** (př. produktu) + **typ reakce** + **ÁZA** např. **glukózo-6-fosfátizomeráza** (izomerace glukózy na fruktózu), **laktátdehydrogenáza** (dehydrogenace laktátu), **glycyl-glycylhydroláza** (hydrolytické štěpení glycyl-glycinu), **L-alanin:2-oxoglutarát-aminotransferáza** (substrát, produkt, reakce)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

ENZYMY - názvosloví

SYSTEMATICKÉ

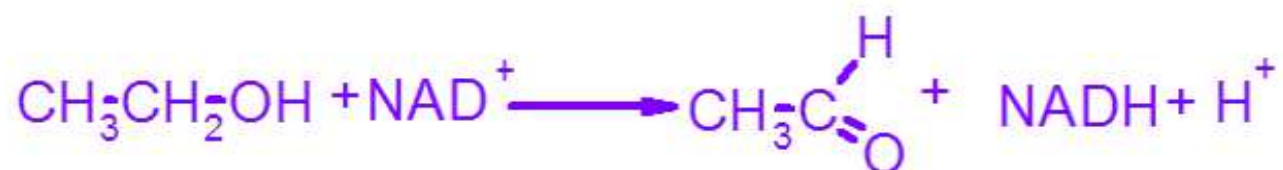
- číselné označení - čtyřmístný **kód**, který jednoznačně identifikuje daný enzym, vychází z rozdělení enzymů do tříd
- např. **E.C. 1.1.1.27**
 - EC je zkratka Enzyme Commission
 - první číslo (1) - enzym první **třídy** (oxidoreduktáza)
 - druhé číslo (1) - **podtřída** charakterizuje skupinu chemické vazby, na kterou enzym působí (způsobuje oxidaci primární alkoholové skupiny)
 - třetí číslo (1) - **podskupina** vyjadřuje přítomnost kofaktoru (pyridinový koenzym)
 - čtvrté číslo (27) - **pořadové číslo** enzymu v podskupině (laktát-dehydrogenáza)

Enzymy - dělení

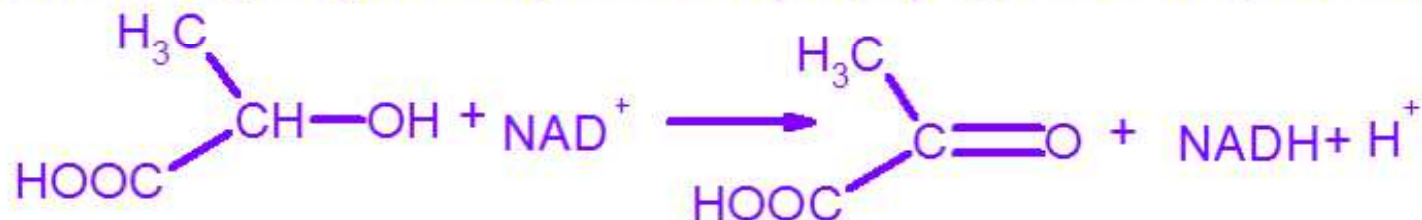
podle **chemických reakcí, které katalyzují** dělíme enzymy na třídy:

1. **Oxidoreduktázy** - katalyzují **redoxní** reakce - dochází k přenosu e^- , H, O (mění se oxidační číslo), obsahují např. jako koenzym NAD^+ , $NADP^+$, FAD

př. **alkoholdehydrogenáza** (oxidace ethanolu na ethanal -kocovina)



př. **laktátdehydrogenáza** (oxidace kyseliny mléčné na kyselinu pyrohroznovou)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



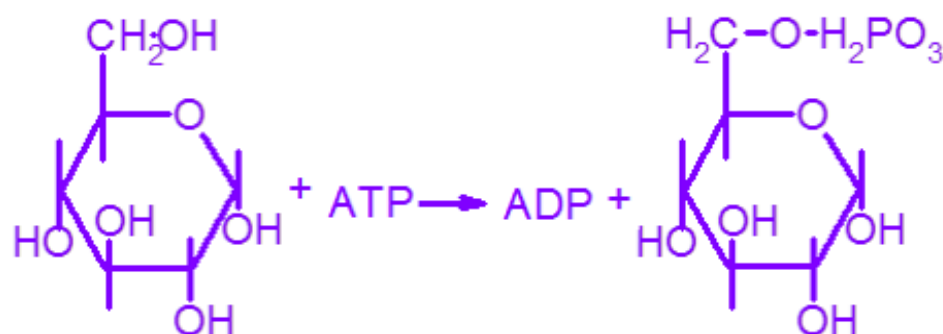
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

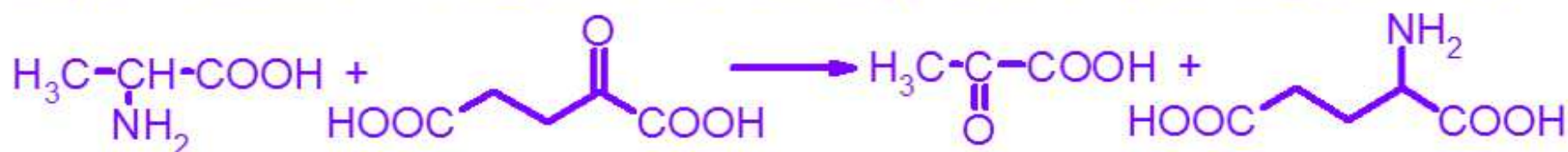
Enzymy - dělení

2. **Transferázy** - katalyzují **přenos** charakteristických **funkčních skupin** i **celých molekul** mezi dvěma substráty, obsahují jako koenzym např. ATP, CoA

př. **hexokináza** (přenos fosfátu na D-glukózu, vzniká glukóza-6-fosfát)



př. **alaninaminotransferáza** (přenos aminoskupiny z AMK na ketokyselinu a naopak - alanin s 2-oxoglutarátem vzniká pyruvát a kyselina glutamová)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



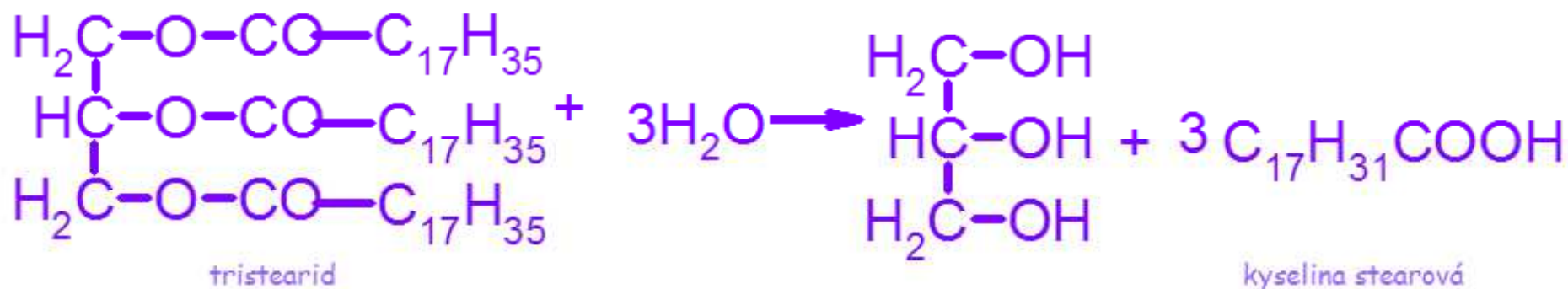
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Enzymy - dělení

3. **Hydrolázy** - katalyzují **hydrolytické štěpení** různých vazeb (za účasti vody), vazba se rozštěpí, na jednu stranu připadne H^+ a na druhou OH^- , např. rozklad peptidových, glykosidických, esterových vazeb, ... , **proteázy** umožňují štěpení proteinů na AMK, **glykosidázy** katalyzují štěpení glykosidů na disacharidy nebo monosacharidy, **lipázy** katalyzují štěpení triacylglycerolů na glycerol a mastné kyseliny

př. **trávicí enzymy (lipázy)**, štěpení tuků, pracují bez kofaktorů



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



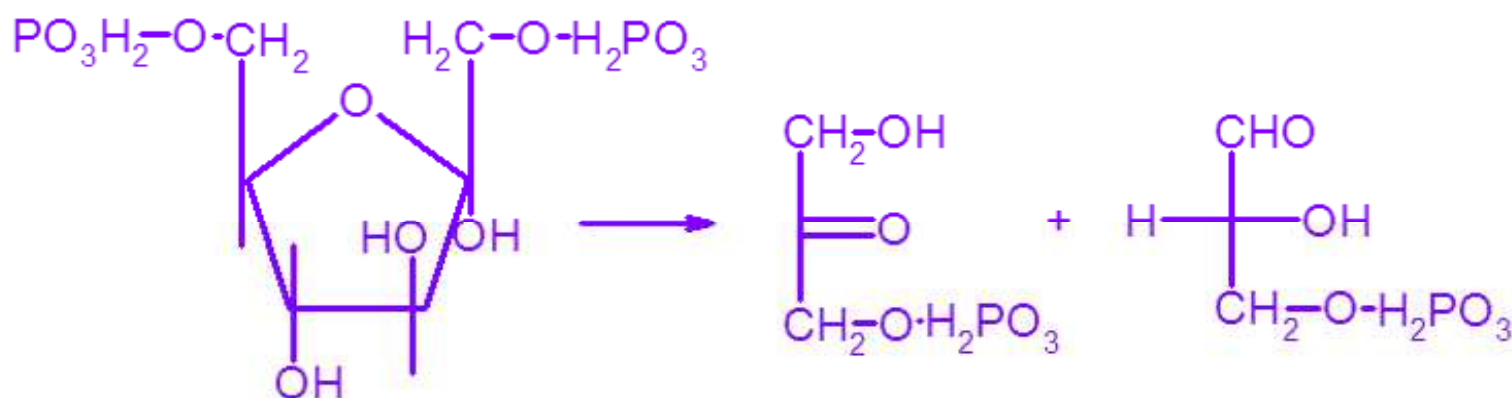
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Enzymy - dělení

4. **Lyázy** (**syntházy**) - katalyzují také **štěpení vazeb**, ale jiné než hydrolytické tzn. **nehydrolytické** a **neoxidační** štěpení, často za **vzniku dvojné vazby** (eliminace) nebo naopak **dvojná vazba zaniká** (adice), při štěpení se často **odštěpuje** malá molekula (H_2O , NH_3 , CO_2).

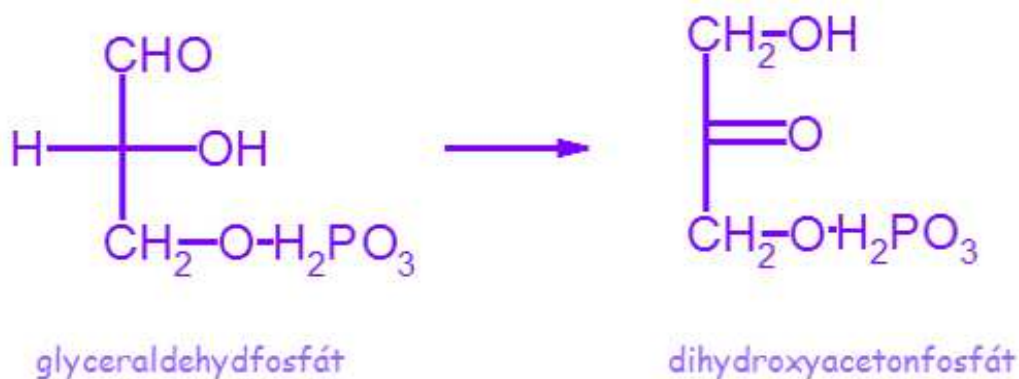
př. aldoláza (štěpí se D-fruktóza-1,6-bisfosfát na dihydroxyacetonfosfát a glyceraldehydfosfát při glykolýze)



Enzymy - dělení

5. **Izomerázy** – katalyzují **přesuny** atomů nebo skupin v rámci jedné molekuly (izomerace), často pracují bez koenzymů

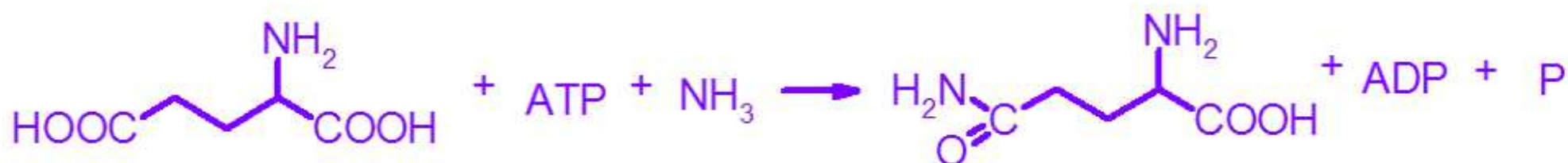
př. **triosafosfatisomeráza** (přesmyk z aldózy na ketózu při glykolýze)



Enzymy - dělení

6. **Ligázy (synthetázy)** - katalyzují **syntézu molekul** (vznik vazeb) za současné spotřeby energie (rozštěpení makroergické fosfátové vazby např. z ATP)

př. **glutaminsynthetáza** (přeměna kyseliny glutamové na glutamin za spotřeby ATP)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Enzymy – aktivní centrum

pro vyjádření **katalytické účinnosti** (aktivity) enzymů byla zavedena jednotka **katal** (1 katal = množství katalyzátoru, které přemění za standardních podmínek 1mol substrátu za 1s)

AKTIVNÍ CENTRUM

malá oblast molekuly enzymu, kde probíhá enzymová reakce, a která obsahuje přesně rozmístěné: **katalyticky aktivní skupiny** (katalytické centrum), **vazebné skupiny** (vazebné centrum-váže substrát), **skupiny vytvářející vhodné chemické prostředí**, případně je v jeho blízkosti **vazebné centrum pro navázání koenzymu** nebo **další místa pro navázání aktivátorů** (např. iontů kovů, které podmiňují nebo usnadňují aktivitu enzymů)

Enzymy – mechanismus katalytického působení

TEORIE ZÁMKU A KLÍČE (teorie komplementarity) enzymy mají předem vytvořená aktivní centra, která jsou svým tvarem komplementární k substrátu, enzymy vytvoří se substrátem labilní **enzymsubstrátový komplex**, substrát se váže **do aktivního centra** enzymu, k vytvoření komplexu je zapotřebí menší EA, komplex enzym-látka se pak rychle mění na produkty za uvolnění enzymu

enzymy mohou působit: **intracelulárně** – tj. uvnitř buňky, ve které vznikly nebo **extracelulárně** – tj. mimo buňku, ve které vznikly (trávicí šťávy, mozkomíšní mok, krev, tedy tkáňové kapaliny)

neaktivní forma enzymu – **proenzym, zymogen** (např. trávicí proteázy) v místě působení odštěpí část molekuly, která maskuje aktivní centrum (pepsinogen + HCl → pepsin) a přemění se na aktivní enzym



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Enzymová aktivita

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ RYCHLOST KATALYZOVANÉ REAKCE:

1. **teplota** - rychlost reakce s teplotou **roste**, optimální je **10-40°C**, při vyšších (nižších) teplotách je aktivita omezena (bílkoviny-denaturace) a rychlost reakce klesá, **kritická teplota** je 55-60°C (výjimkou jsou enzymy termofilních bakterií - působí i při 85°C)
2. **pH** - většina enzymů je aktivní pouze v úzkém rozmezí pH - **pH optimum**, většinou **neutrální** nebo **slabě kyselé** (výjimka - trávicí enzymy např. pepsin pH 1,5-2,5)
3. **množství substrátu** - rychlost roste, dokud se neobsadí všechna aktivní centra enzymu a **množství enzymu** - čím víc enzymu, tím větší rychlost (pokud máme dost substrátu)
4. **efektory** - **aktivátory** (ionty kovů, anionty, organické látky) a **inhibitory** (otrava enzymů)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inhibice enzymatických reakcí

kompetitivní inhibice (vrátná, soutěživá) – inhibitor má podobnou strukturu jako substrát a je v dostatečné koncentraci, enzym ho nerozezná, naváže se místo substrátu do aktivního centra, vytvoří neaktivní komplex enzym–inhibitor, tím enzym zablokuje a reakce neprobíhá, ke zvratu dojde pokud se zvětší koncentrace substrátu

nekompetitivní inhibice (nevratná) – inhibitor se trvale naváže na komplex enzym–substrát, čímž zřejmě vyvolává strukturní změny v aktivním centru, které se stane neúčinné

Inhibice enzymatických reakcí

inhibice substrátem – substrát je vázán na aktivní centrum ve více bodech, při velké koncentraci se váže jen v jednom nebo dvou bodech, na zbývajících body se naváže další molekula substrátu – více navázaných molekul způsobí zpomalení nebo zastavení reakce

inhibice produktem – produkty se hromadí, nejsou využity v následné reakci, dosáhne se rovnovážného stavu, pokračovat lze teprve při poklesu koncentrace produktů

allosterická inhibice – inhibitor se neváže do aktivního centra, ale na tzv. allosterického místa, čímž změní prostorové uspořádání vazebného místa pro substrát, znemožní tak jeho navázání

Koenzymy

přenášejí funkční skupiny, atomy nebo elektrony v reakci, kterou daný enzym katalyzuje, většinou jsou to molekuly, které svou strukturou odpovídají **vitamínům** (jejich derivátům)

koenzym	přenášená skupina	vitamín
NAD ⁺	H ⁺ ; e ⁻	kyselina nikotinová
NADP ⁺	H ⁺ ; e ⁻	kyselina nikotinová
FMN	H ⁺ ; e ⁻	riboflavin B ₂
FAD	H ⁺ ; e ⁻	riboflavin B ₂
Koenzym Q	H ⁺ ; e ⁻	-
Koenzym A (CoA)	acyl	kyselina panthothenová

* NAD⁺ nikotinamidadenindinukleotid, NADP⁺ nikotinamidadenindinukleotidfosfát, FAD flavinadenindinukleotid, FMN flavinmononukleotid



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Použité zdroje

- obrázky použity vlastní, nakreslené v programu Malování
- vzorce chemických sloučenin byly vytvořené v programech ChemSketch a ISIS Draw
- BENEŠOVÁ, Marika a Hana SATRAPOVÁ. *Odmaturuj z chemie*. 1.vydání. Brno: Didaktis, 2002. ISBN 80-86285-56-1.
- KLOUDA, Pavel. *Základy biochemie*. 2.vydání. Ostrava: nakladatelství Pavel Klouda, 2005. ISBN 80-86369-11-0.
- KOTLÍK, Bohumír a Květoslava RŮŽIČKOVÁ. *Chemie II v kostce pro střední školy: Organická chemie a biochemie*. 1.vydání. Havlíčkův Brod: Fragment, 1997. ISBN 80-7200-057-8.
- MAREČEK, Aleš a Jaroslav HONZA. *Chemie pro čtyřletá gymnázia 3.díl*. 1.vydání. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2000. ISBN 80-7182-057-1.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ