

## CHEMIE

laboratorní cvičení č. 15

15  
• CHEMIE**pH optimum enzymu katalasy  
pracovní list (učitel)****Slovníček pojmů**

S využitím dostupných zdrojů vysvětlíte následující pojmy:

**Enzym:**

*Enzymy jsou jednoduché či složené bílkoviny s katalytickou funkcí. Proto je označujeme jako takzvané biokatalyzátory. Katalyzátor je látka, která ovlivňuje průběh chemické reakce, a to tak, že ovlivní její aktivační energii ( $E_A$ ) – dochází k urychlení chemické reakce.*

**Apoenzym:**

*Apoenzym je hlavní bílkovinná část enzymu, který ke své funkci potřebuje často ještě určitou nebílkovinnou část.*

**Kofaktor:**

*Nebílkovinná součást enzymu. Kofaktor je nejčastěji prostetická skupina, koenzym, nebo zde může hrát specifickou roli konkrétní iont. Prostetická skupina je v určité fázi formování vlastního enzymu trvale navázána na apoenzym (často kovalentně), a tvoří součást aktivního centra enzymu. Koenzym je naopak součástí, která je vázána dočasně a zodpovídá např. za přenosy elektronů při redoxních reakcích (NAD, FAD...). Jako koenzymy přímo vystupují také některé vitamíny. Mezi kofaktory z řad kationtů patří třeba ionty  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ , nebo Fe-S komplexy.*

**Holoenzym:**

Apoenzym s navázaným kofaktorem označujeme někdy jako holoenzym.

**Katalasa:**

Katalasa je enzym s označením EC 1.11.1.6 a je obsažen prakticky v každé buňce. Základní funkcí tohoto enzymu je přeměna peroxidu vodíku na kyslík a vodu. Peroxid vodíku vzniká při řadě metabolických reakcí a je pro buňku škodlivý. Proto je třeba aby se buňka vznikajícího peroxidu vodíku zbavila, a to je právě úkol pro katalasu.

**pH optimum:**

Jako pH optimum je označováno takové pH, při kterém je aktivita enzymu největší.

**Teoretická příprava úlohy**

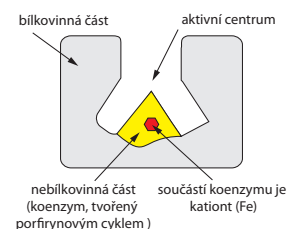
1. Jedna z rolí bílkovin v buňce je právě funkce biokatalyzátorů – enzymů. Jaké další role bílkoviny mají?

*Proteiny hrají celou řadu důležitých rolí. Mezi ně patří např.: strukturní proteiny (mechanická opora), pohybové proteiny (pohyb uvnitř buněk a celých buněk i celých tkání), zásobní proteiny (skladování molekul a iontů), transportní proteiny (přenos malých molekul), receptorové proteiny (detekce chemických a fyzikálních signálů), regulační proteiny (aktivace a deaktivace – např. transkripce DNA), signální proteiny (přenos signálů), speciální proteiny (např. protimrazové), a další.*

2. Z jakých typických částí se může enzym skládat?

Popište a zakreslete.

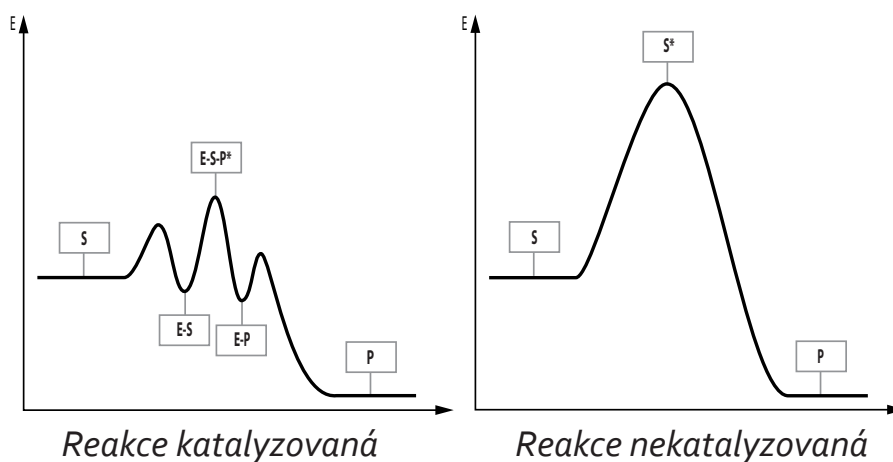
*Funkční enzym je často tvořen bílkovinnou částí, tzv. apoenzymem, a částí nebílkovinnou, tzv. kofaktorem.*



3. Který z grafů zachycuje průběh katalyzované a nekatalyzované reakce?

Doplňte volná políčka o popisky. Popisky jsou uvedeny v rámečku pod oběma grafy (pozice nesouvisí s konkrétním grafem).

Řešení:



## 4. Proč probíhá katalyzovaná reakce výrazně rychleji než reakce nekatalyzovaná?

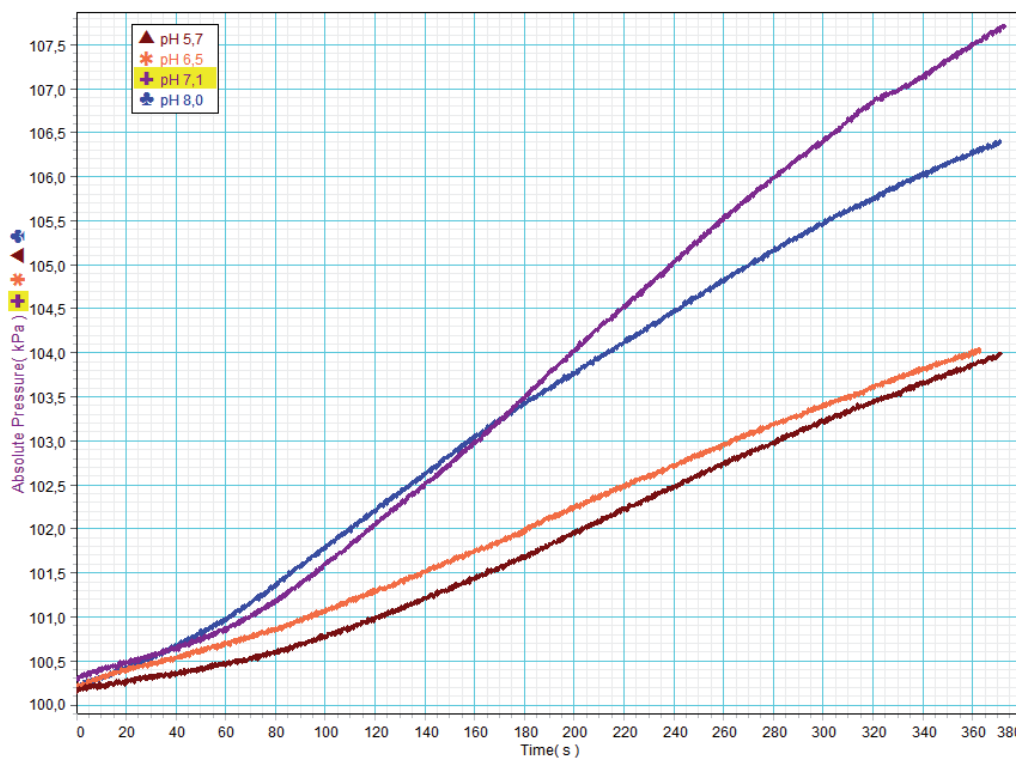
*Princip katalyzátoru spočívá v tom, že celá reakce je vedena „jinou cestou“. Na této cestě je řada mezistupňů (přechodných stavů/komplexů), a aktivační energie těchto dílčích „etap cesty“ je výrazně nižší, než aktivační energie nekatalyzované reakce. Často nalezneme v literatuře formulaci, že působením katalyzátoru dojde ke snížení aktivační energie.*

*Pro snažší pochopení můžeme studentům uvést příklad ze sportovní „praxe“. Pokud bude na překážkové dráze stát 3 m vysoká překážka, nikdo z běžců ji nemůže překonat. Vezmeme-li ale motorovou pilu (takový náš „katalyzátor“) a vyrobíme tři 1 metrové překážky, nebude s nimi mít žádný z běžců problém.*

*Díky výše uvedenému probíhá katalyzovaná reakce podstatně rychleji než reakce nekatalyzovaná.*

## Vizualizace naměřených dat

1. Zakreslete křivky změny tlaku při různých hodnotách pH. Křivky by měly vystihovat rozdíly v rychlosti (aktivitě katalasy při různých pH).

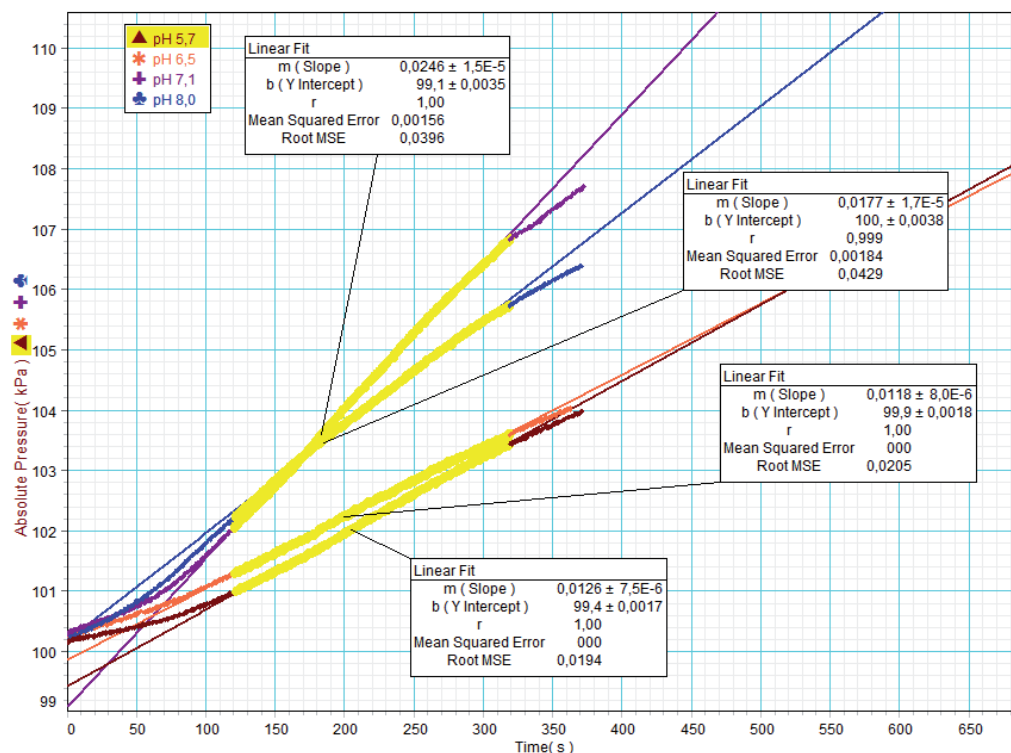


2. Bylo možné průběh reakce sledovat vizuálně? Šlo by posoudit rozdíly v aktivitě při různých pH bez měření změny tlaku?

*Ano, bylo možné přímo pozorovat uvolňující se plyný kyslík ve formě bublinek. Rozdíly v intenzitě však byly malé, a tak by bez měření tlaku nebylo možné pH optimum jednoznačně stanovit.*

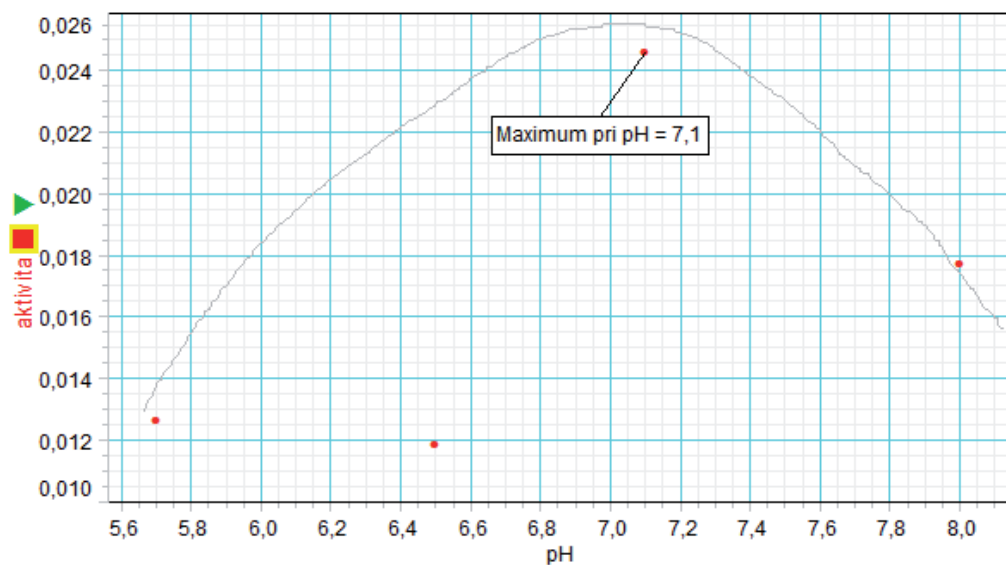
## Vyhodnocení naměřených dat

1. S využitím **DataStudio** proložte úvodní lineární částí jednotlivých naměřených křivek přímkou a vyplňte následující tabulku:



pH prostředí	Směrnice proložené přímky (aktivita)	Jde o pH optimum?
5,7	0,0126	ne
6,5	0,0118	ne
7,1	0,0246	ano
8,0	0,0177	ne

2. Sestrojte graf závislosti aktivity enzymu na pH prostředí.



## Závěr

1. Jaká je hodnota vašeho zjištěného pH optima katalasy?

*Různé odpovědi, typicky v rozmezí 6,8–7,5. V našem ukázkovém případě pH = 7,1.*

2. Odpovídá tato hodnota předpokladu (hodnotám uvedeným v literatuře)?

*Různé odpovědi podle zjištěné hodnoty. V našem případě ANO, odpovídá.*

3. Jaké faktory mohly při stanovení aktivity váš výsledek zkreslit?

*Většina enzymů je dosti citlivá na podmínky, ve kterých se vyskytuje. Aktivita enzymu se tak mění s celou řadou faktorů (pH, teplota, přítomnost dalších látek v roztoku, ...). Kritickým faktorem tak mohla být čistota použitého chemického nádobí, kdy i nepatrné zbytky některých látek mohou aktivitu výrazně ovlivnit. Stejně tak mohl výsledek zkreslit faktor stáří (a způsob skladování) bramborových hlíz, nebo vlastní odrůda brambor.*

4. Enzym rozkládající peroxid vodíku (katalasa) je přítomný téměř ve všech buňkách aerobních organismů. Vysvětlete proč?

*Peroxid vodíku vzniká při řadě metabolických reakcí a je pro buňku škodlivý. Proto je třeba aby se buňka vznikajícího peroxidu vodíku zbavila, a to je úkolem pro katalasu. Je tedy zřejmé, že takovýto (nebo podobný) enzym bude třeba v každé buňce.*

5. Kdy řekneme o nějaké látce, že vystupuje v rámci chemického děje jako katalyzátor?

*Klasický katalyzátor je látka, která do reakce vstoupí, ovlivní její průběh (rychlost reakce) a na konci reakce vystupuje z reakce v nezměněné podobě. Princip ovlivnění průběhu reakce spočívá v ovlivnění aktivační energie (viz dříve).*