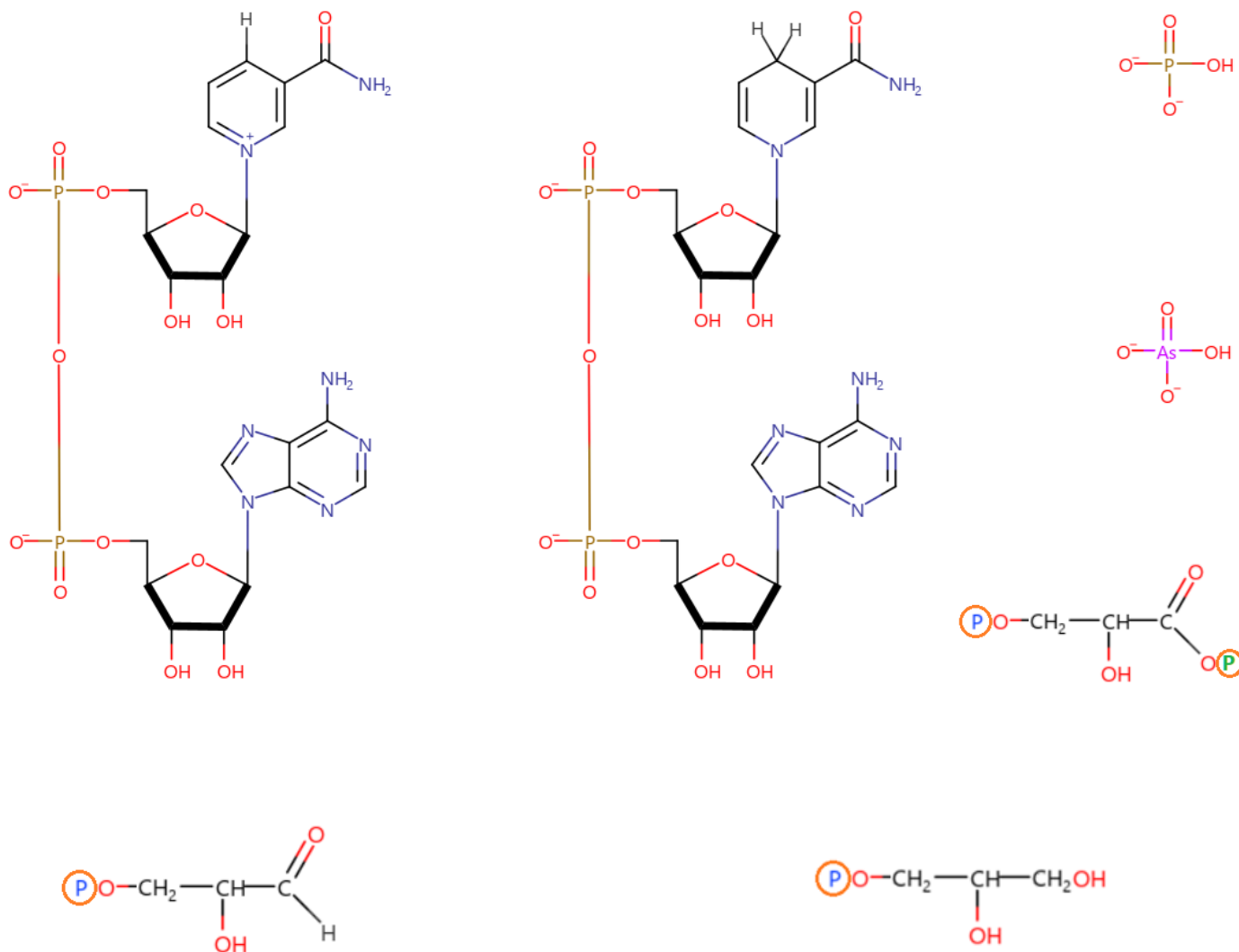


# Pracovní list — ENZYMY

1) Pro začátek si zopakujeme trochu názvosloví. Pro následující struktury vyberte z nabídky odpovídající názvy:

Nabídka: hydrogenfosforečnanový aniont (= fosfát); 1,3-bisfosfoglycerát; glyceraldehyd-3-fosfát; NADH;  $\alpha$ -glycerolfosfát; hydrogenarseničnanový aniont; NAD<sup>+</sup>

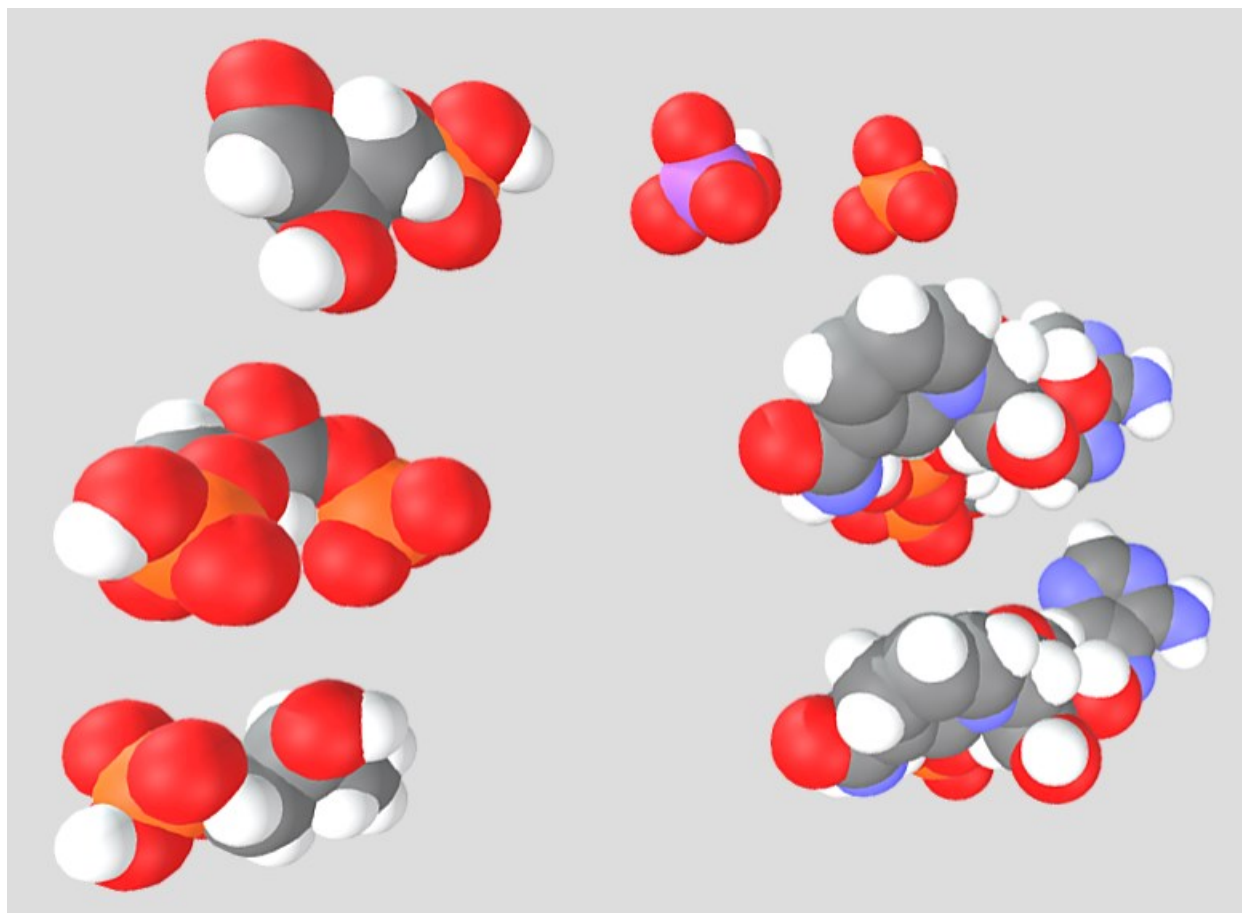


2) V biochemii je někdy zapotřebí zachytit nejen atomární složení molekul, ale také jejich rozměry a prostorové uspořádání. K tomu lze využít mj. **kalotové modely**. Slabinou kalotových modelů však je nedostatečná názornost vazebných poměrů ve zobrazené molekule — stručně řečeno: **z kalotového modelu se těžko poznává, o jakou sloučeninu jde.**

**Pokuste se přesto následující molekuly identifikovat. Jde o tytéž sloučeniny jako v úkolu č. 1).** Nemáte-li k dispozici sádrové modely z 3D tiskárny, využijte interaktivní vizualizace dostupné na odkazech:

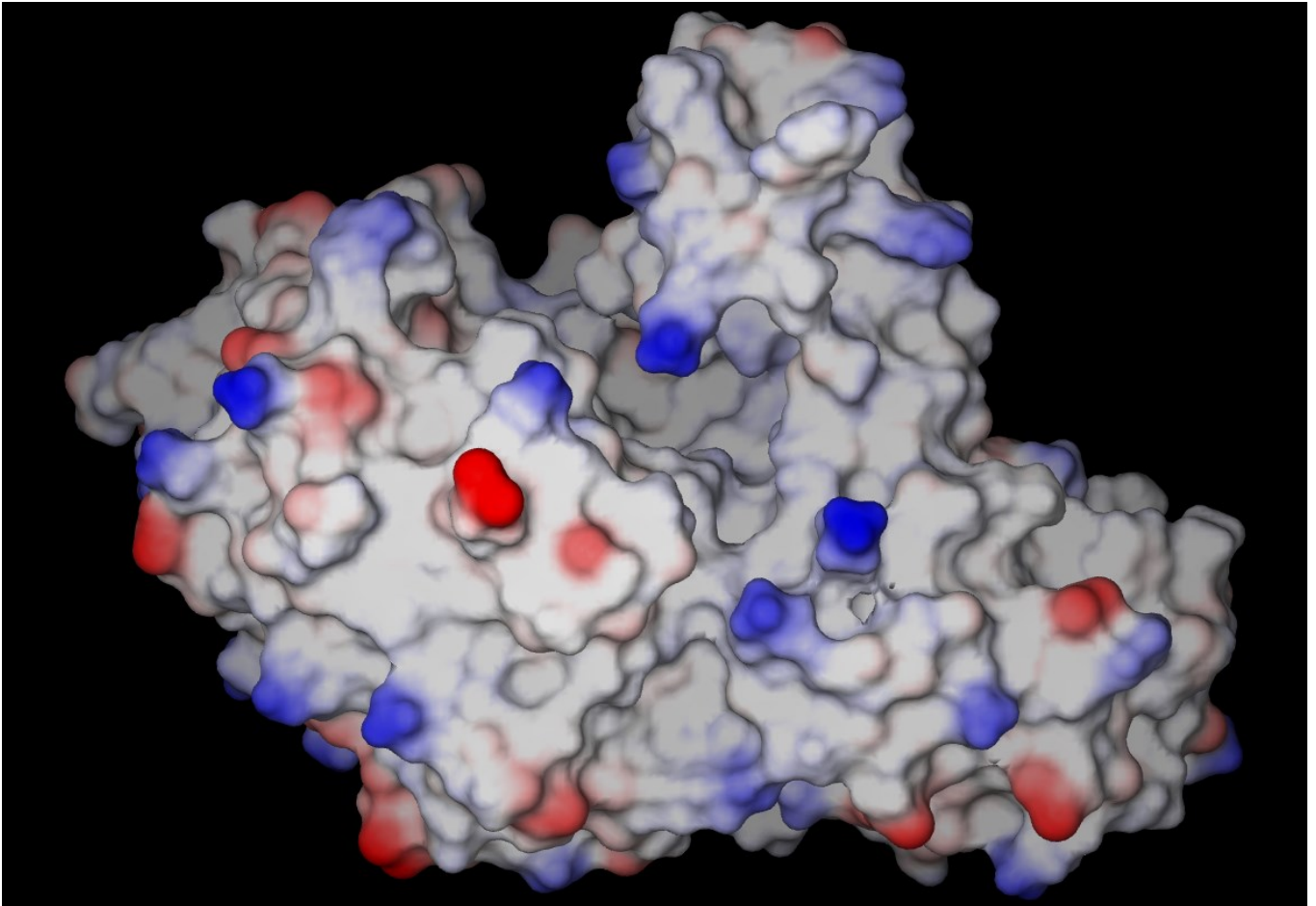
<https://skfb.ly/o6SYu>

<https://skfb.ly/o6SYx>



3) Enzymy jsou biokatalyzátory proteinového charakteru. To znamená, že jsou složeny především ze zbytků aminokyselin (propojených peptidovými vazbami), které mohou vykazovat kyselé nebo naopak bazické vlastnosti.

Na počítačovém modelu enzymu jsou místa s převažujícím kladným nábojem (např. skupiny  $\text{-NH}_3^+$ ) zbarvena modře a negativně nabitá místa (např. disociované  $\text{-COO}^-$  skupiny) červeně.<sup>1</sup>

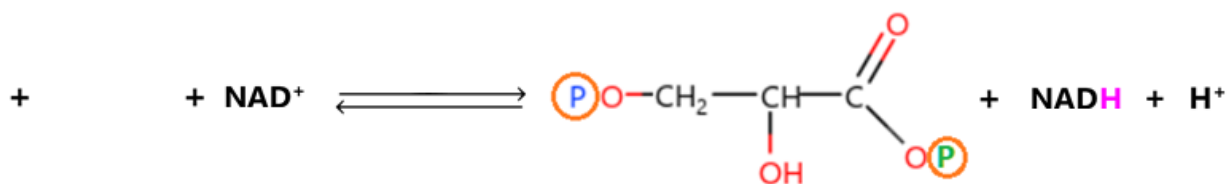


Konkrétně jde o model enzymu *glyceraldehyd-3-fosfátdehydrogenasy*, jež hraje důležitou roli v biochemickém procesu odehrávajícím se mj. i v našich buňkách. **V dostupných informačních zdrojích najděte, jak se tento proces nazývá.**

---

<sup>1</sup> Tak „strakatý“ jako na obrázku enzym samozřejmě ve skutečnosti není (v roztoku by byl bezbarvý, protože neabsorbuje žádnou ze složek viditelného světla).

4) Prozkoumejte model a doplňte výchozí látky reakce. Označte, který ze substrátů funguje jako kofaktor.



<https://skfb.ly/6WK6s>



(QR kód pro pilotní verzi mobilní aplikace MergeCube)

5) U enzymové katalýzy rozlišujeme dvě dosud neuvedené charakteristiky:

- **Substrátovou specifitu** (tzn. kterým látkám enzym napomáhá reagovat);
- **Reakční specifitu** (tzn. jakou reakci enzym katalyzuje / „co s danými substráty enzym dělá?“).

**Reakční specifita** vyplývá z chemického složení enzymu v aktivním centru (např. je tam zbytek velmi dobře interagující s karbonylovou skupinou, proto enzym bude katalyzovat reakci probíhající na karbonylové skupině a zbytek substrátu jej „nezajímá“).

**Substrátová specifita** je dána tvarem aktivního centra a rozložením elektrostatického náboje v něm (na což poukazují ty modré a červené oblasti obrázku z úkolu č. 3). Dříve se v učebnicích hovořilo o myšlenkovém konceptu „zámku a klíče“<sup>2</sup>.

**Pokuste se tedy na základě úkolu č. 4) naskládat substráty do aktivního centra enzymu. (Totéž pak samozřejmě můžete zkusit i s produkty reakce<sup>3</sup>...)**

**\* V jakém pořadí je umístování substrátů do aktivního centra enzymu nejschůdnější? \***

<sup>2</sup> Novější zjištění ukazují, že koncept „zámku a klíče“ není zcela přesný, protože se objevují případy, kdy se enzym tvaru substrátu ještě přizpůsobuje. V současnosti se tedy spíše používá připodobnění „ruka a klika“; o tom už však učebnice píšou málokdy...

<sup>3</sup> kromě H<sup>+</sup>, který není schopen samostatné existence — bezprostředně po svém vzniku reaguje s vodou za vzniku H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, takže jeho kalotový model tady nemáme.

6) Prostudujte si 3D vizualizaci dalšího enzymu, *triosafosfátisomerasy*, a zapište rovnici reakce, kterou tento enzym katalyzuje:



<https://skfb.ly/6XQA7>

<https://skfb.ly/6XVwn>

**Zapište rovnovážnou konstantu  $K_{eq}$  této reakce. Jak by se tato rovnovážná konstanta změnila, kdyby reakce nebyla katalyzovaná? Vyberte z nabídky a zdůvodněte:**

- a)  $K_{eq}$  nekatalyzované reakce **je větší** než  $K_{eq}$  katalyzované reakce
- b)  $K_{eq}$  nekatalyzované reakce **je menší** než  $K_{eq}$  katalyzované reakce
- c) hodnota  $K_{eq}$  je stále stejná, enzym ji neovlivňuje

7) Redukcí karbonylové skupiny glycerinaldehyd-3-fosfátu (GA-3P) vzniká  $\alpha$ -glycerolfosfát, který reakci enzymu *glyceraldehyd-3-fosfátdehydrogenasy* (viz též úkol č. 4) inhibuje.

Důvodem, proč dochází k inhibici, je skutečnost, že  $\alpha$ -glycerolfosfát je velmi podobný „správnému“ substrátu (tj. glycerinaldehyd-3-fosfátu), **čímž se dobře vejde do aktivního centra (zkuste si na sádrovém modelu)**, avšak už nemá aldehydovou skupinu, na které má vlastní reakce probíhat. Enzym tedy  $\alpha$ -glycerolfosfát naváže, ale reakce nemůže proběhnout, dokud se aktivní centrum zase neuvolní pro „správný“ substrát.

**O který typ inhibice se jedná? Vyberte z nabídky:**

**a) inhibice KOMPETITIVNÍ**

**b) inhibice AKOMPETITIVNÍ**

**c) inhibice NEKOMPETITIVNÍ**

8) Analogem dalšího ze substrátů, anorganického fosfátu, je také *hydrogenarseničnanový aniont*. Ten reakci enzymu *glyceraldehyd-3-fosfátdehydrogenasy* neinhibuje, naopak se dokáže zabudovat do molekuly GA-3P, čímž vznikají organické molekuly obsahující arsen, a tím je pro nás toxický. (Další zpracování derivátů GA-3P s  $\text{HAsO}_4^{2-}$  neúměrně narušuje metabolismus našich buněk, což je příčinou otravy.)<sup>4</sup>

**Zkuste si reakci GA-3P s  $\text{HAsO}_4^{2-}$  simulovat na modelu enzymu. Nezapomeňte na  $\text{NAD}^+$  😊.**

---

<sup>4</sup> více k tomuto tématu budeme probírat souběžně s glykolýzou (učební texty, str. 55-56).