

# Laboratorní cvičení z chemie a biochemie

1. ročník, zubní lékařství

**LETNÍ SEMESTR**



**Ústav lékařské chemie a biochemie**

**Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova**



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

## Pravidla bezpečnosti a ochrany zdraví při práci

1. Do laboratoře mají přístup pouze studenti, kteří jsou rozvrhem hodin vypsáni na příslušná praktika. Jakékoliv návštěvy jsou zakázány.
2. Studenti jsou povinni před nástupem do praktik teoreticky ovládat úlohy, které budou prakticky provádět. Přinesou si laboratorní plášť a pracovní návod. Praktikování bez pláště je nepřípustné. Vlasy musí být upraveny tak, aby nemohlo dojít k úrazu při práci s kahanem. Svrchní oděvy, tašky, batohy a ostatní zavazadla studenti odloží na místě k tomu určeném.
3. Veškeré odchody z praktik jsou povoleny pouze s výslovným svolením asistenta vedoucího praktika.
4. V laboratoři je povoleno provádět pouze ty práce, které jsou náplní praktického cvičení. V laboratoři je zakázáno jíst, pít a kouřit, dále přechovávat potraviny a používat laboratorní nádobí a zařízení k jiným účelům, než jsou určeny.
5. Pro práce, při nichž může dojít k úniku škodlivých chemických látek do ovzduší, se musí zabezpečit odsávání. Práce s látkami dýmovými, dráždivými, zapáchajícími, jedovatými plyny a parami, stejně jako žíhání a spalování je dovoleno provádět jen v digestořích.
6. Při nasazování balónku na skleněnou pipetu je nutné dbát zvýšené opatrnosti. Střepy a jiné odpadky s ostrými hranami musí být odkládány do zvláštní nádoby s označením „SKLO“.
7. Do výlevek lze vylévat jen rozpouštědla s vodou dokonale mísitelná, dostatečně zředěná (nejméně 1:10), v množství nejvýše 0,5 litru a vodné roztoky kyselin a zásad zředěné nejméně 1:30. S vodou nemísitelná rozpouštědla, jedy, kyseliny a louhy nad uvedenou koncentraci a látky, které uvolňují jedovaté a dráždivé plyny, do výlevek vylévat nelze. Tyto látky se likvidují do zvláštní odpadní nádoby.
8. Při ředění se kyseliny zásadně vlévají do vody, nikoliv naopak.
9. Je zakázáno nasávat roztoky do pipet ústy. Musí být použito příslušných pomůcek (balónek).
10. Rozlité kyseliny je nutno ihned spláchnout vodou, případně neutralizovat práškovou sodou. Rozlité zásady stačí jen důkladně spláchnout vodou.
11. Při rozlití hořlavých kapalin se musí okamžitě zhasnout všechny kahaný, vypnout elektrický proud a zajistit účinné větrání. Rozlitá kapalina se nechá vsáknout do vhodného porézního materiálu, který se odklidí na bezpečné místo.
12. Při zahřívání kapalin v baňkách se musí zabránit utajenému varu alespoň tak, že se do baňky vloží varný kámenek.
13. Před zahájením práce je nutno zkontrolovat stav všech přístrojů a zařízení, případné závady a nedostatky nahlásit asistentovi nebo laborantce.
14. Posluchačům je zásadně zakázána jakákoliv svévolná manipulace s elektrickou instalací, s přístrojovým vybavením a materiálem. Zapnutí přístroje a zapálení plynových kahanů se děje až po souhlasu asistenta nebo laborantky.
15. Obsluha laboratorní centrifugy musí být prováděna jen v přítomnosti asistenta nebo laborantky. Centrifugační nádoby musí být dokonale vyváženy, víko centrifugy při chodu bezpečně uzavřeno.
16. Při úniku plyných paliv (zemní plyn) musí být uzavřen přívod plynu, vypnut elektrický proud a účinně větráno.
17. Zapálené kahaný nelze nechat hořet bez dozoru. Prošlehne-li plamen dovnitř, musí se okamžitě uzavřít přívod plynu a kahan seřídít.
18. Jakékoliv nehody, úrazy, požití chemikálií apod. je nutno ihned nahlásit vedoucímu asistentovi.
19. Hrubé porušení uvedených pravidel, vyplývající z nekázně či neznalosti, má za následek vykazání posluchače z praktických cvičení se sankcí neomluvené absence.
20. Studenti musí být seznámeni s klasifikací látek toxických, kancerogenních, mutagenních a toxických pro reprodukci. Bezpečnostní listy jednotlivých látek jsou k dispozici v praktikárnách.
21. Studenti musí být seznámeni s pravidly bezpečnosti práce s látkami vysoce toxickými (označeny T+) používanými ve studentské laboratoři (např. rtuť, kyanid draselný, ethidium bromid, dusičnan rtuťnatý).

## ROZPIS ÚLOH

<u>Lab 1: Vyšetřování krve I (proteiny)</u>	<i>strana 5</i>
a) Stanovení celkové bílkoviny biuretovou reakcí b) Stanovení albuminu c) Stanovení C-reaktivního proteinu (CRP) v séru	
<u>Lab 2: Vyšetřování krve II (glukóza, lipidy)</u>	<i>strana 11</i>
a) Stanovení glukózy v séru b) Stanovení glukózy v kapilární krvi glukometrem c) Stanovení celkového cholesterolu d) Stanovení triacylglycerolů	
<u>Lab 3: Vyšetřování krve III (dusíkaté látky)</u>	<i>strana 21</i>
a) Stanovení močoviny b) Stanovení kyseliny močové c) Stanovení přímého a celkového bilirubinu	
<u>Lab 4: Vyšetřování moči I</u>	<i>strana 29</i>
a) Fyzikální vyšetření moči b) Základní chemické vyšetření moči c) Mikroskopické vyšetření močového sedimentu	
<u>Lab 5: Vyšetřování moči II</u>	<i>strana 49</i>
a) Stanovení glomerulární filtrace jako clearance kreatininu b) Aminokyseliny a jejich metabolity v moči	
<u>Lab 6: Klinická enzymologie</u>	<i>strana 57</i>
a) Sledování aktivity aminotransferáz ALT a AST v jaterním extraktu b) Stanovení aktivity alkalické fosfatázy v séru c) Stanovení aktivity laktátdehydrogenázy v séru	
<u>Lab 7: Molekulární biologie I</u>	<i>strana 47</i>
a) Izolace DNA b) Měření koncentrace DNA, kontrola čistoty	
<u>Lab 8: Molekulární biologie II</u>	<i>strana 60</i>
a) Polymerázová řetězová reakce	
<u>Lab 9: Molekulární biologie III</u>	<i>strana 64</i>
a) Restrikční štěpení b) Elektroforéza, vyhodnocení	
<u>Vybrané klinicko-biochemické hodnoty</u>	<i>strana 71</i>



Jméno:  
Skupina:  
Spolupracovníci:

Datum:

## Lab 1: Vyšetřování krve I (proteiny)

### a) Stanovení celkové bílkoviny biuretovou reakcí

Peptidy (nejméně tříčlenné) poskytují podobně jako biuret a karbamylderiváty s ionty  $\text{Cu}^{2+}$  v alkalickém prostředí modrý komplex vhodný k fotometrickému stanovení.

Co to je biuret? Jak vzniká?

### Úkol: Stanovte hladinu celkové bílkoviny v krevním séru

Připravte si tři zkumavky a označte je **vz**, **st** a **0**. Do zkumavek odpipetujte podle tabulky sérum, standard, fyziologický roztok a biuretové činidlo.

	vz (vzorek)	st (standard)	0 (porovnávací roztok)
vzorek séra (ml)	0,1	-	-
standard (ml)	-	0,1	-
fyziol. roztok (ml)	-	-	0,1
biuretové činidlo (ml)	5,0	5,0	5,0

Nechte stát **30 minut** při laboratorní teplotě. Změřte absorbanci vzorku a standardu proti porovnávacímu roztoku při vlnové délce **546 nm**.

$A_{\text{vzorku}}$	
$A_{\text{standardu}}$	

Vypočítejte koncentraci celkové bílkoviny ve vzorku podle následujícího vztahu:

$$\text{Koncentrace celkové bílkoviny ve vzorku: } c \text{ (g/l)} = \frac{A_{\text{vzorku}}}{A_{\text{standardu}}} \times c_{\text{st}}$$

$$\text{Koncentrace standardu: } c_{\text{st}} = 70 \text{ g/l}$$

	Výsledek
	$c_{vz} =$ g/l

Jaká je normální (fyziologická) hodnota celkové bílkoviny v séru?

Závěr:

## b) Stanovení albuminu

Bromkrezolový purpur (5,5'-dibrom-o-kresolsulfonftalein) tvoří s albuminem ve slabě kyselém prostředí za přítomnosti povrchově aktivních látek zelenomodrý komplex vhodný k fotometrickému stanovení.

### Úkol: Stanovte hladinu albuminu v krevním séru

Připravte si tři zkumavky a označte je **vz**, **st** a **0**. Do zkumavek odpipetujte podle tabulky sérum, standard, destilovanou vodu a činidlo.

	<b>vz</b> (vzorek)	<b>st</b> (standard)	<b>0</b> (porovnávací roztok)
vzorek séra (ml)	0,02	-	-
standard (ml)	-	0,02	-
dest.voda (ml)	-	-	0,02
činidlo (ml)	2,0	2,0	2,0

Roztoky zamíchejte a nechte stát **10 minut** při laboratorní teplotě. Změřte absorbanci vzorku a standardu proti porovnávacímu roztoku při vlnové délce **600 nm**.

$A_{\text{vzorku}}$	
$A_{\text{standardu}}$	

Vypočítejte koncentraci albuminu ve vzorku podle vztahu:

$$\text{Koncentrace albuminu ve vzorku: } c_{\text{vz}} (\text{g/l}) = \frac{A_{\text{vzorku}}}{A_{\text{standardu}}} \times c_{\text{st}}$$

*Koncentrace standardu:*  $c_{\text{st}} = 40 \text{ g/l}$

	Výsledek
	$c_{\text{vz}} = \quad \text{g/l}$

Jaká je normální (fyziologická) hodnota albuminu v séru?

Vypočítejte **albumino-globulinový kvocient**.

$$A/G = \frac{c \text{ alb.}}{c \text{ celk.b.} - c \text{ alb.}}$$

	Výsledek
	<b>A/G =</b>

*Orientační rozmezí A/G je 1,3 – 2,0*

Závěr:

### **c) Stanovení C-reaktivního proteinu (CRP) v séru**

CRP je klasická bílkovina akutní fáze, jedna z prvních, které byly objeveny, její nárůst v plazmě nebo séru téměř vždy poukazuje na přítomnost zánětu, především zánětu vyvolaného bakteriální infekcí. Vzestup koncentrace CRP doprovází také nekrózu tkání a malignity, přičemž výše hladiny odráží závažnost nemoci a rozsah tkáňového poškození. Koncentrace CRP v séru začíná růst 6 hodin po začátku poruchy, maxima dosahuje za 48 hodin a klesá s poločasem okolo 48 hodin.

CRP je složen z pěti polypeptidových podjednotek, z nichž každá obsahuje 206 aminokyselinových zbytků. Tato struktura řadí CRP mezi pentraxiny, proteiny s funkcí v imunitní obraně organismu, které se vyskytují u všech obratlovců i u většiny bezobratlých, jedná se tedy o fylogeneticky velmi starou bílkovinu. CRP se vytváří v játrech velmi rychle po indukci prostřednictvím cytokinů a na vrcholu reakce akutní fáze může dosáhnout jeho tvorba až 20 % celkové jaterní proteosyntézy.

Biologickou funkcí CRP je vázat se na řadu endogenních i exogenních látek a urychlovat jejich odstranění z krve a tkání opsonizací (tj. např. u urychlení fagocytózy). Na buňky vlastního organismu se CRP váže jen v případě, že mají poškozenou normální strukturu membrány. Naopak, k vazbě CRP na buňky bakterií nebo parazitů dochází i v případě, že se jedná o živé nepoškozené mikroorganismy. Vazba na CRP může dokonce propojit některé ligandy a vést k jejich precipitaci v tkáních.

Ke stanovení CRP se používá imunoturbidimetrická metoda. Vzorek (sérum nebo plazma) se inkubuje v přítomnosti specifické protilátky proti lidskému CRP (antisérum, monoklonální protilátky) a míra imunoprecipitace se kvantifikuje turbidimetricky při vlnové délce 700 nm.



**Úkol: Stanovte hladinu CRP v krevním séru**

K **0,05 ml** séra ve zkumavce přidejte **2,0 ml** roztoku protilátek.

Promíchejte a inkubujte **10 minut při 37° C**.

Změřte absorbanci zakaleného roztoku proti vodě při **700 nm**.

A vzorku	
----------	--

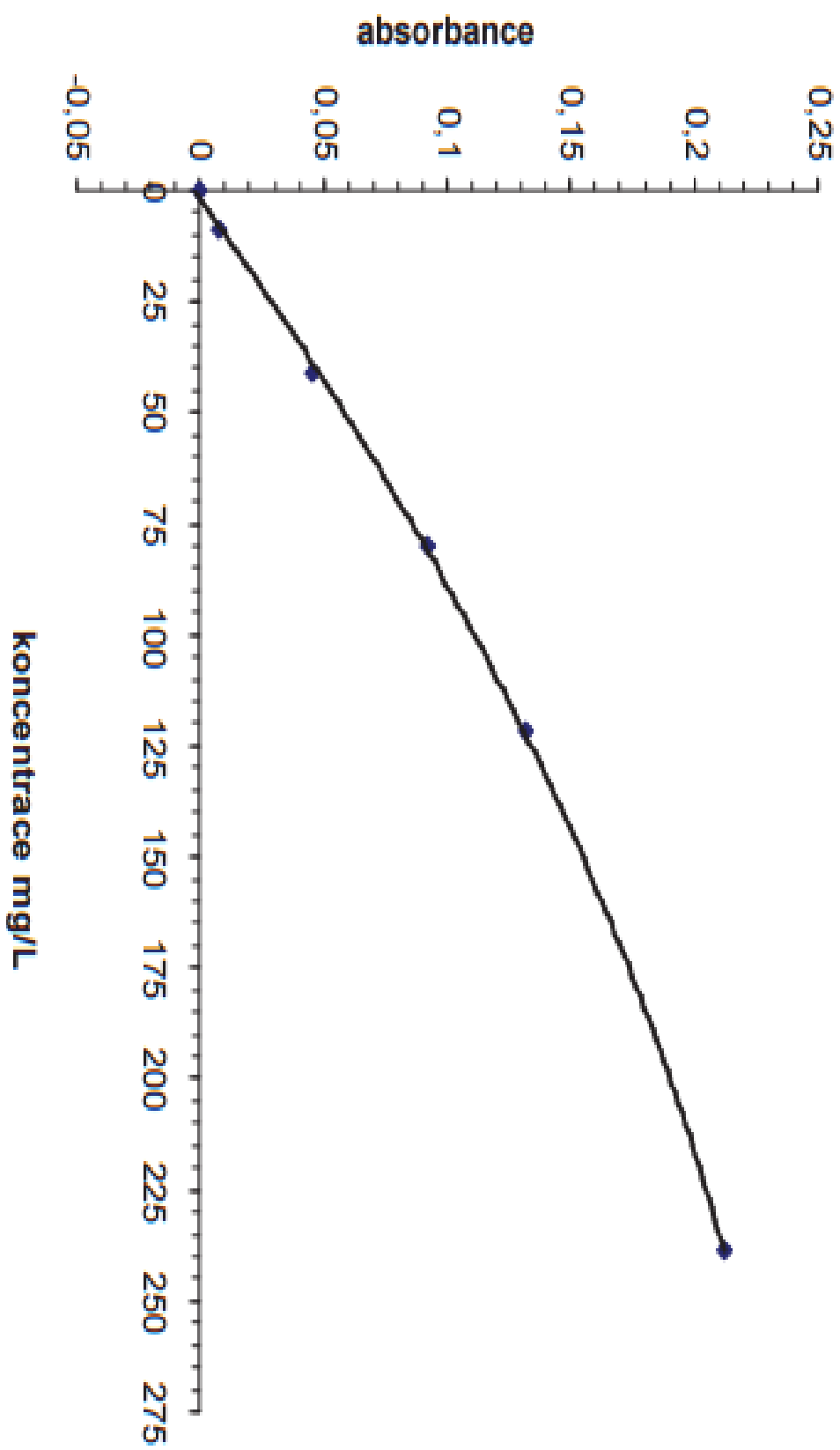
Podle přiložené kalibrační křivky odečtěte koncentraci CRP v mg/l a výsledek interpretujte.

CRP =	mg/l
-------	------

Jaká je normální (fyziologická) hodnota CRP v séru?
---

Závěr:
--------

## CRP - turbidimetry



Jméno:  
Skupina:  
Spolupracovníci:

Datum:

## Lab 2: Vyšetřování krve II (glukóza, lipidy)

### a) Stanovení glukózy

Glukóza se oxiduje vzdušným kyslíkem za katalýzy *glukózaoxidázou* na glukonolakton a peroxid vodíku, který se stanoví oxidační kopulací se substituovaným fenolem a 4-aminofenazonem. Tato druhá reakce je katalyzovaná *peroxidázou*.

Zakreslete *D*-glukózu různými typy vzorců:

<i>lineární vzorec (Fischerův)</i>	<i>cyklický vzorec (Tollensův)</i>	<i>cyklický vzorec (Haworthův)</i>
<i>D</i> -glukóza	<i>α</i> - <i>D</i> -glukopyranóza	<i>α</i> - <i>D</i> -glukopyranóza

### Úkol 1: Stanovte hladinu glukózy v krevním séru

Připravte si tři zkumavky a označte je **vz**, **st** a **0**. Do zkumavek odpipetujte podle tabulky sérum, standard, destilovanou vodu a činidlo.

	<b>vz</b> (vzorek)	<b>st</b> (standard)	<b>0</b> (porovnávací roztok)
Vzorek séra (ml)	0,02	-	-
standard (ml)	-	0,02	-
destilovaná voda (ml)	-	-	0,02
činidlo (ml)	2,0	2,0	2,0

Inkubujte **15 minut** při **37°C**. Změřte absorbanci vzorku a standardu proti porovnávacímu roztoku při vlnové délce **498 nm**.

A vzorku	
A standardu	

Vypočítejte koncentraci vzorku podle následujícího vztahu:

Koncentrace glukózy ve vzorku:  $c$  (mmol/l) =  $\frac{A_{\text{vzorku}}}{A_{\text{standardu}}} \times c_{\text{st}}$

Koncentrace standardu:  $c_{\text{st}} = 10 \text{ mmol/l}$

	Výsledek
	$c_{\text{vz}} =$ mmol/l

Jaká je normální (fyziologická) hodnota glukózy v séru?

Závěr:



## b) Stanovení celkového cholesterolu

Hladina celkového cholesterolu se stanoví třemi, po sobě jdoucími, enzymovými reakcemi. Nejprve hydrolýzou esterů *cholesterolesterázou* je uvolněn volný cholesterol, který se oxiduje na cholestenon pomocí *cholesteroxidázy*. Vedlejším produktem cholesteroxidázové reakce je peroxid vodíku. Ten se stanoví za katalýzy *peroxidázou* oxidační kopulací s vhodným chromogenem. Intenzita vzniklého růžovočerveného zabarvení je úměrná koncentraci cholesterolu.

*Zakreslete rovnici reakce katalyzované cholesterol esterázou ve strukturních vzorcích.*

### Úkol: Stanovte hladinu celkového cholesterolu v krevním séru

Připravte si tři zkumavky a označte je **vz**, **st** a **0**. Do zkumavek odpipetujte podle tabulky sérum, standard, destilovanou vodu a činidlo.

	<b>vz</b> (vzorek)	<b>st</b> (standard)	<b>0</b> (porovnávací roztok)
vzorek séra (ml)	0,02	-	-
standard (ml)	-	0,02	-
destilovaná voda (ml)	-	-	0,02
činidlo (ml)	2,0	2,0	2,0

Promíchejte a inkubujte **20 minut** při **37°C**.

Změřte absorbanci vzorku a standardu proti porovnávacímu roztoku při vlnové délce **498 nm**.

A vzorku	
A standardu	

Vypočítejte koncentraci vzorku podle následujícího vztahu:

Koncentrace celkového cholesterolu ve vzorku:  $c \text{ (mmol/l)} = \frac{A_{\text{vzorku}}}{A_{\text{standardu}}} \times c_{\text{st}}$

Koncentrace standardu:  $c_{\text{st}} = 5,17 \text{ mmol/l}$

	Výsledek
	$c_{\text{vz}} =$ mmol/l

Jaká je normální (fyziologická) hodnota celkového cholesterolu v séru?

Závěr:

### c) Stanovení triacylglycerolů

Koncentrace triacylglycerolů (TAG) se stanoví enzymaticky. Činidlo obsahuje celkem čtyři enzymy a chromogen. Triacylglyceroly jsou hydrolyzovány na mastné kyseliny a glycerol lipázou. Vzniklý glycerol je fosforylován *glycerolkinázou* na glycerol-3-fosfát, který je následně oxidován *glycerol-3-fosfát oxidázou* na dihydroxyacetonfosfát za současné tvorby peroxidu vodíku, který v přítomnosti *peroxidázy* umožňuje oxidační kopulaci s chromogeny. Získá se barevná sloučenina vhodná pro fotometrické stanovení.

*Zakreslete rovnici reakce katalyzované lipázou ve strukturních vzorcích.*

#### Úkol: Stanovte hladinu triacylglycerolů v krevním séru

Připravte si tři **ependorfky** a označte je **vz**, **st** a **0**. Do nich odpipetujte podle tabulky sérum, standard, destilovanou vodu a činidlo.

	<b>vz</b> (vzorek)	<b>st</b> (standard)	<b>0</b> (porovnávací roztok)
vzorek séra (ml)	0,01	-	-
standard (ml)	-	0,01	-
destilovaná voda (ml)	-	-	0,01
činidlo (ml)	1,0	1,0	1,0

Ependorfky inkubujte **10 minut při 37°C**.

Na spektrofotometru nastavte (podle přiloženého postupu) vlnovou délku **546 nm**.

Po uplynutí inkubační doby vyjměte ependorfky a opatrně přelijte jejich obsah do spektrofotometrických kyvet. Změřte absorbanci vzorku a standardu proti porovnávacímu roztoku.



A vzorku	
A standardu	

Vypočítejte koncentraci vzorku podle následujícího vztahu:

Koncentrace TAG ve vzorku:  $c \text{ (mmol/l)} = \frac{A_{\text{vzorku}}}{A_{\text{standardu}}} \times c_{\text{st}}$

Koncentrace standardu:  $c_{\text{st}} = 2,26 \text{ mmol/l}$

	Výsledek
	c <sub>vz</sub> =                      mmol/l

Jaká je normální (fyziologická) hodnota triacylglycerolů v séru?

Závěr:

## Výpočet LDL cholesterolu

Výpočet koncentrace LDL cholesterolu se provádí podle Friedewalda na základě látkové koncentrace cholesterolu celkového, HDL cholesterolu a triacylglycerolů. Výpočet je založen na předpokladu, že cholesterol je obsažen v částicích VLDL, LDL a HDL. Koncentrace VLDL je v rovnici odhadována z hladiny triacylglycerolů.

$$\text{LDL cholesterol (LDL-C)} = \text{celkový cholesterol} - \text{HDL cholesterol} - \frac{\text{TAG}}{2,2}$$

Pro výpočet LDL cholesterolu potřebujete stanovit ještě HDL cholesterol, počítejte s **0,9 mmol/l**.

	Výsledek
	C <sub>vz</sub> =                      mmol/l

Jaká je normální (fyziologická) hodnota LDL cholesterolu v séru?

Závěr:

## Vyhodnocení rizika aterosklerózy

Z naměřených hodnot týkajících se lipidového metabolismu lze počítat různé ukazatele. Doporučovány jsou indexy, které berou v úvahu vliv koncentrace nejen celkového cholesterolu, ale i HDL cholesterolu.

$$\text{Aterogenní index (AI)} = \frac{\text{celkový cholesterol}}{\text{HDL cholesterol}}$$

	Výsledek
	<b>AI =</b>

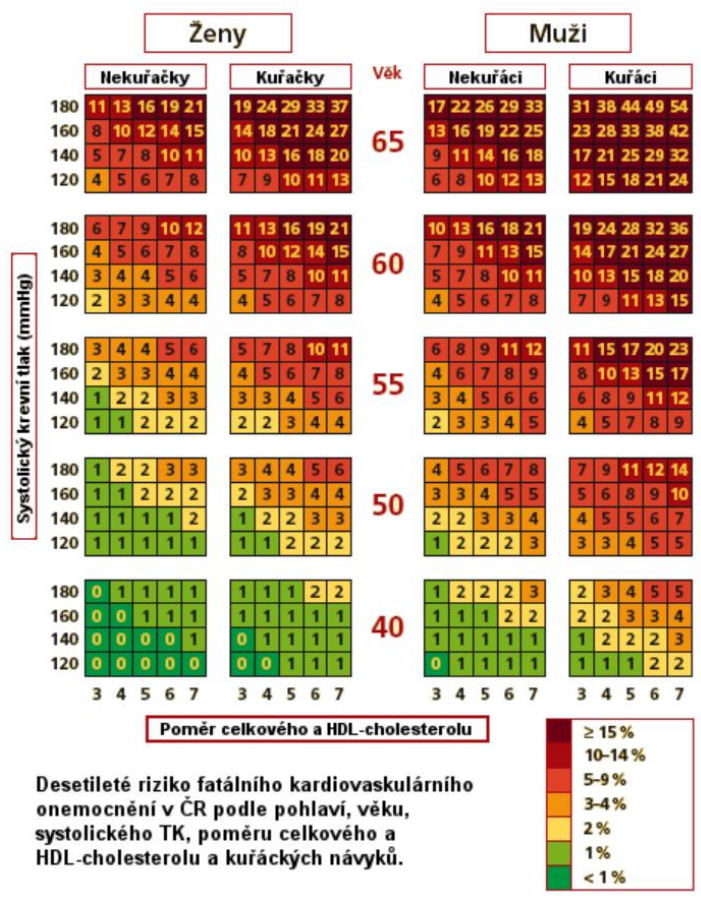
Riziko aterosklerózy se zvyšuje se stoupající hodnotou aterogenního indexu. Tento výpočet zohledňuje, že zvýšená hladina celkového cholesterolu může být zapříčiněna zvýšenou hladinou HDL cholesterolu, který není rizikový.

Existují i ukazatele počítající s hladinou triacylglycerolů jako je např. aterogenní index plazmy.

$$\text{Aterogenní index plazmy (AIP)} = \log \frac{\text{TAG}}{\text{HDL cholesterol}}$$

	Výsledek
	<b>AIP =</b>

Rizikových faktorů aterosklerózy je ale více (věk, pohlaví, hypertenze, kouření). V klinické praxi se pro vyhodnocení celkového kardiovaskulárního rizika používá tabulka vycházející z projektu SCORE (Systematic COronary Risk Evaluation), pomocí které se provádí odhad rizika fatálních kardiovaskulárních příhod v následujících 10 letech.



Tabulka rizika podle projektu SCORE

Vyhodnořte riziko aterosklerózy pro muže, kuřáka, 55 let, s krevním tlakem 140/90. Použijte během praktik naměřené hodnoty cholesterolu.

Hodnocení, závěr:

## Lab 3: Vyšetřování krve III (dusíkaté látky)

### a) Stanovení močoviny

Močovina se syntetizuje v játrech z amoniaku produkovaného převážně katabolismem aminokyselin. Kinetické enzymatické stanovení močoviny využívá spřažení dvou reakcí – ureázové a glutamátdehydrogenázové:



Nejprve dochází k rozkladu močoviny pomocí ureázy. Vzniklé amonné ionty se vážou na 2-oxoglutarát za vzniku glutamátu. Při této druhé reakci, katalyzované glutamátdehydrogenázou, se současně koenzym NADH oxiduje na  $\text{NAD}^+$ , což lze sledovat jako pokles absorbance při 340 nm.

Využívání rozdílu v absorpčních spektrech těchto dvou forem koenzymu se říká Warburgův optický test. Redukovaná forma koenzymu (NADH) má charakteristickou absorpci při 340 nm. Oxidovaná forma ( $\text{NAD}^+$ ) v této oblasti neabsorbuje.

*strukturní vzorec močoviny*

### Úkol: Stanovte hladinu močoviny v krevním séru

Fotometr zapněte hlavním vypínačem a nechte temperovat při **37°C 10 minut**.

Navolte vlnovou délku **340 nm**.

Všechno měřte proti destilované vodě.

#### 1) Měření reagenčního blanku

Do fotometrické kyvety připravte reagenční blank: **0,02 ml destilované vody** a **2 ml pracovního roztoku**. Obsah kyvety promíchejte nasátím do pipety a následným vypuštěním zpět do kyvety. Spusťte stopky a kyvetu vložte do fotometru. Po **30 s** odečtěte počáteční absorbanci ( $A_1$ ), další absorbanci odečtěte přesně po **1 minutě** od předešlého měření ( $A_2$ ).

A <sub>1</sub> blanku	
A <sub>2</sub> blanku	

## 2) Měření standardu

Do fotometrické kyvety napipetujte **0,02 ml standardu** a **2 ml pracovního roztoku**. Promíchejte, stiskněte stopky a vložte do fotometru. Po **30 s** odečtěte absorbanci ( $A_1$ ), další absorbanci odečtěte přesně po **1 minutě** od předešlého měření ( $A_2$ ).

A <sub>1</sub> standardu	
A <sub>2</sub> standardu	

## 3) Měření vzorku

Stejný postup použijte při měření vzorku (**0,02 ml vzorku + 2 ml pracovního roztoku**).

A <sub>1</sub> vzorku	
A <sub>2</sub> vzorku	

## Výpočet

Vypočítejte změnu absorbance za 1 minutu pro reagenční blank, standard i vzorek:

$\Delta A_{bl} = A_1 \text{ blanku} - A_2 \text{ blanku}$	
$\Delta A_{st} = A_1 \text{ standardu} - A_2 \text{ standardu}$	
$\Delta A_{vz} = A_1 \text{ vzorku} - A_2 \text{ vzorku}$	

Vypočítejte koncentraci močoviny v séru:

$$\text{Koncentrace močoviny ve vzorku: } c \text{ (mmol/l)} = \frac{\Delta A_{vz} - \Delta A_{bl}}{\Delta A_{st} - \Delta A_{bl}} \times c_{st}$$

$$\text{Koncentrace standardu: } c_{st} = 15 \text{ mmol/l}$$

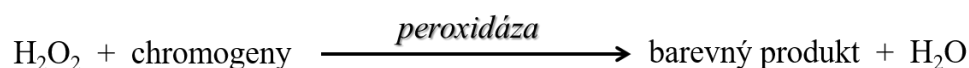
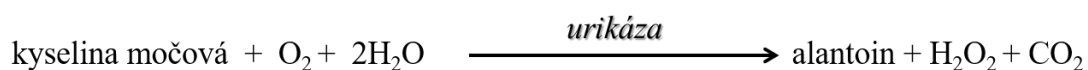
	Výsledek
	$c_{vz} =$ mmol/l

Jaká je normální (fyziologická) hodnota močoviny v séru?

Závěr:

### b) Stanovení kyseliny močové

Koncentrace kyseliny močové se stanoví dvěma po sobě jdoucími enzymovými reakcemi:



Nejprve **oxidací** a fotometricky měřitelný barevný produkt vzniká **oxidační kopulací** dvou původně nebarevných sloučenin.

*strukturní vzorec kyseliny močové*

### Úkol: Stanovte hladinu kyseliny močové v krevním séru

Označte 3 **ependorfky** symboly **vz**, **st** a **0**. Do nich odpipetujte podle tabulky vzorek, standard, destilovanou vodu a činidlo.

	<b>vz</b> (vzorek)	<b>st</b> (standard)	<b>0</b> (porovnávací roztok)
vzorek (ml)	0,02	-	-
standard (ml)	-	0,02	-
voda (ml)	-	-	0,02
činidlo (ml)	1,00	1,00	1,00

Ependorfky inkubujte **2 minuty při 37°C**.

Na spektrofotometru nastavte vlnovou délku **550 nm**.

Po uplynutí inkubační doby vyjměte eppendorfky a opatrně přelijte jejich obsah do spektrofotometrických kyvet. Změřte absorbanci vzorku a standardu proti porovnávacímu roztoku.

$A_{\text{vzorku}}$	
$A_{\text{standardu}}$	

Vypočítejte koncentraci vzorku podle následujícího vztahu:

Koncentrace kyseliny močové ve vzorku:  $c \text{ (}\mu\text{mol/l)} = \frac{A_{\text{vzorku}}}{A_{\text{standardu}}} \times c_{\text{st}}$

Koncentrace standardu:  $c_{\text{st}} = 357 \mu\text{mol/l}$

	Výsledek
	$c_{\text{vz}} = \quad \mu\text{mol/l}$

Jaká je normální (fyziologická) hodnota kyseliny močové v séru?

Závěr:



### c) Stanovení přímého a celkového bilirubinu v séru

Bilirubin poskytuje s diazotovanou kyselinou sulfanilovou intenzivně zbarvený roztok azobarviva, vhodný k fotometrickému stanovení. Stanovení přímého (konjugovaného) bilirubinu provádíme bez akcelérátoru, celkový bilirubin (konjugovaný + nekonjugovaný) stanovujeme v přítomnosti akcelérátoru (kofein + benzoan).

*Strukturní vzorec bilirubinu*

#### Úkol 1: Stanovte hladinu přímého bilirubinu v krevním séru

Připravte si dvě zkumavky a označte je symboly **vz** a **0**. Do zkumavek napipetujte podle tabulky činidlo, dusitan sodný, fyziologický roztok a sérum.

	<b>vz</b> (vzorek)	<b>0</b> (porovnávací roztok)
činidlo – kys. sulfanilová (ml)	0,2	0,2
dusitan sodný	1 kapka	1 kapka
fyziologický roztok (ml)	1,0	1,2
sérum (ml)	0,2	-

Promíchejte a přesně po **5 minutách** změřte absorbanci vzorku proti porovnávacímu roztoku při vlnové délce **510 nm**.

$A_{\text{vzorku}}$	
---------------------	--

Koncentraci přímého bilirubinu odečtěte z kalibračního grafu.

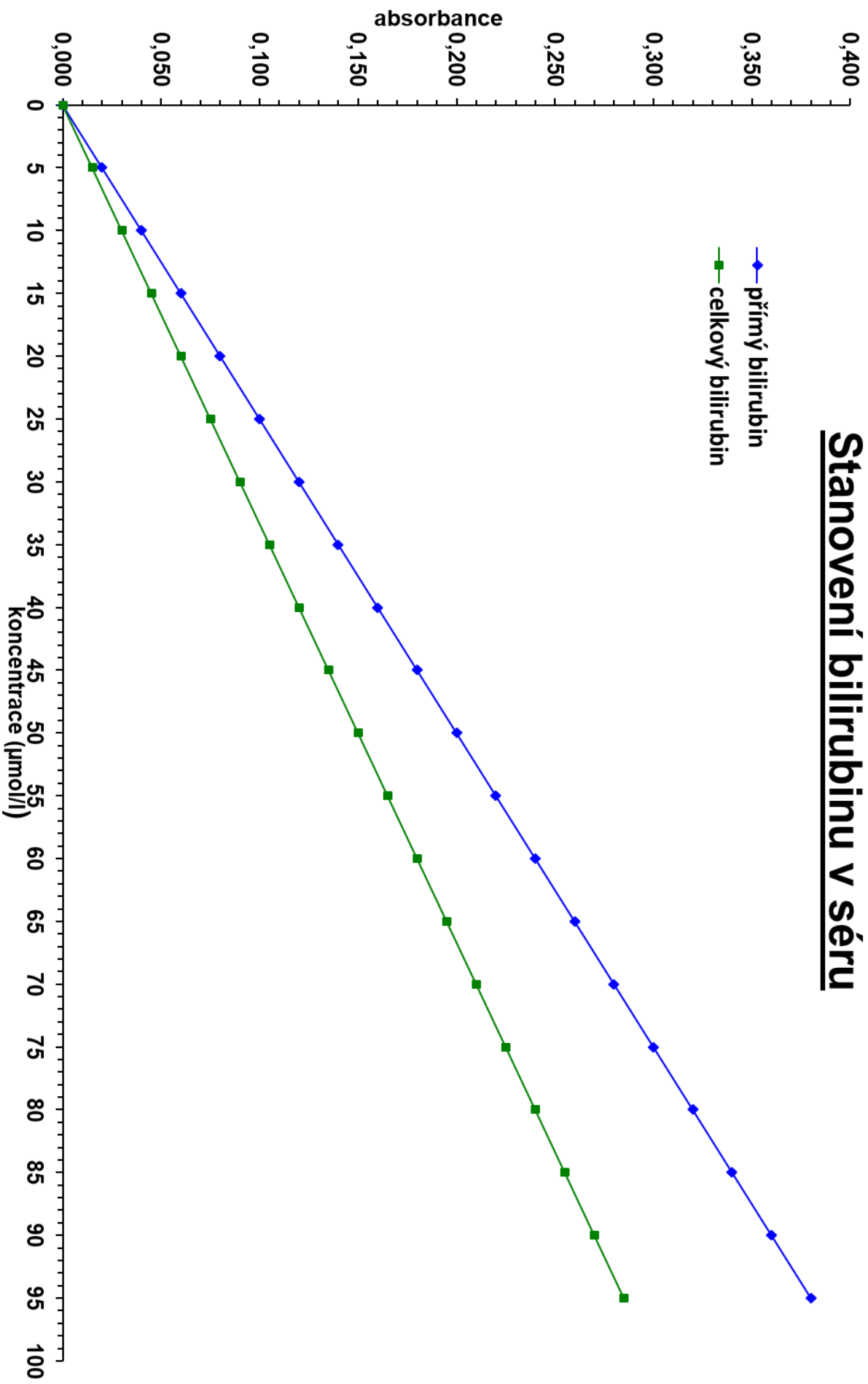
$C_{\text{přímý bilirubin}} =$  \_\_\_\_\_  $\mu\text{mol/l}$



Výsledky obou metod interpretujte. O jaký typ hyperbilirubinémie se jedná?

Závěr:

# Stanovení bilirubinu v séru



Jméno:  
Skupina:  
Spolupracovníci:

Datum:

## Lab 4: Vyšetřování moči I

### a) Fyzikální vyšetření moči

Termínem fyzikální vyšetření moči se myslí to, co jde zjistit lidskými smysly, případně pomocí jednoduchých pomůcek:

- objem moči vytvořený za určitý čas (diuréza)
- barva
- zákal
- pěna
- zápach
- specifická hmotnost (hustota)
- osmolalita

### Úkol: Proved'te fyzikální vyšetření vlastní moči

Do čisté nádoby odeberte vlastní moč. Vyhodno'te **barvu, zákal, pěnu a zápach**.

Popis vzorku moči:

Hustotu moči stanovte urometrem ve skleněném válci přiměřené velikosti. Moč nalijte do válce a opatrně do ní ponořte urometr tak, aby se nerozbil o dno válce. Urometr se nesmí dotýkat dna, ani stěn válce. Hustotu odečtěte na stupnici ve výšce hladiny moči.

Hustota moči:

Závěr:

## b) Základní chemické vyšetření moči

### I. Klasické chemické zkoušky

Během praktik budeme klasickými "zkumavkovými" zkouškami prokazovat bílkovinu, glukózu, aceton, krevní barvivo a žlučová barviva (bilirubin, urobilinogen). Dá se říct, že tyto látky nejsou normální součástí moči, fyziologicky obsahuje moč pouze velmi malé množství, které není běžnými zkouškami prokazatelné. Výsledky by proto měly být u zdravých jedinců negativní.

Abyste viděli pozitivní výsledek zkoušek, je připravený modelový vzorek moči obsahující danou látku (lahvička označená názvem dané látky). Doporučujeme provést danou zkoušku paralelně vždy jednak s modelovým vzorkem a se vzorkem vlastní moči, kde můžeme očekávat, že výsledek bude negativní. Naše "modelové vzorky" mají daleko ke skutečné moči, skutečná moč není bezbarvá :-).

### Úkol 1: Proved'te základní chemické vyšetření vlastní moči klasickými zkouškami

*Pro odměřování vzorků a činidel použijte přiložená kapátka, předepsané objemy jsou přibližné. Nezaměňujte kapátka, ať nedojde ke kontaminaci roztoků!*

#### 1. Průkaz bílkovin

Jaký je společný princip všech prováděných testů na bílkoviny v moči?
Co je proteinurie?
Co je Bence-Jonesova bílkovina?
Co je mikroalbuminurie?

a) Průkaz kyselinou sulfosalicylovou

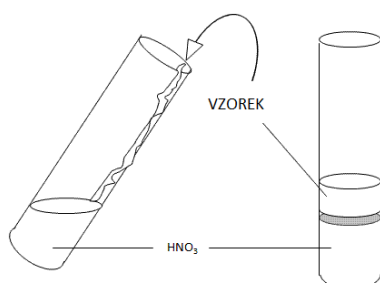
Do zkumavky přeneste asi 2 ml vzorku. Přidejte 5-10 kapek 20% kyseliny sulfosalicylové. Bílý zákal znamená přítomnost bílkoviny. Tato zkouška je nejcitlivější.

Vzorec kys. sulfosalicylové:

modelový vzorek	vlastní moč

b) Hellerova zkouška

*Johann Florian Heller (1813-1871)*



Do zkumavky dejte trochu koncentrované kyseliny dusičné (POZOR ŽÍRAVINA).

Zkumavku nakloňte a velmi opatrně navrstvěte vyšetřovaný vzorek (po stěně zkumavky).

V přítomnosti bílkoviny vznikne na rozhraní bílý prstenec sražené bílkoviny.

modelový vzorek	vlastní moč

c) Průkaz bílkoviny varem

Do zkumavky přeneste asi 2 ml vzorku moči. Přidejte asi 0,2 ml acetátového pufru (pH 4,6) a krátce povařte. Bílkovina dává bílý zákal.

modelový vzorek	vlastní moč

## 2. Průkaz glukózy

Jaký je společný princip všech prováděných testů na glukózu v moči?
Co je glukosurie?

### a) Fehlingova zkouška *Hermann von Fehling (1812-1885)*

Nejprve do zkumavky připravte Fehlingovo činidlo - smícháním stejných dílů Fehlingova roztoku I a II, nejlépe hned tolik, abyste měli dost pro vyšetření modelového vzorku, vzorku vlastní moči a neznámého vzorku k analýze. Připravené činidlo je tmavě modré, čiré.

Vlastní zkouška:

Do zkumavky odlijte asi 1 ml připraveného Fehlingova činidla a přidejte stejný objem vzorku. Obsah zkumavky nad kahanem povařte. Pozitivita zkoušky se projeví vznikem sraženiny.

modelový vzorek	vlastní moč

### b) Benediktova zkouška *Stanley Rossiter Benedict (1884-1936)*

Do zkumavky přeneste asi 2 ml Benediktova činidla. Přidejte 4-5 kapek vzorku a obsah zkumavky povařte. Pozitivita zkoušky se projeví změnou barvy a vznikem sraženiny.

modelový vzorek	vlastní moč

### c) Nylanderova zkouška *Claus Wilhelm Gabriel Nylander (1835-1907)*

Do zkumavky přeneste asi 2 ml vzorku. Přidejte asi 1 ml činidla a obsah zkumavky povařte. V pozitivním případě vznikne špinavě žluté, žlutohnědé až černé zbarvení.

modelový vzorek	vlastní moč



### 3. Průkaz ketolátek

Termín "ketolátky" se týká 3 sloučenin. Napište jejich názvy a nakreslete jejich strukturní vzorce:


*Jedna ze zmíněných ketolátek není keton (neobsahuje KETO skupinu). Která?*

*Bude tato látka prokazatelná níže uvedenými testy? ANO NE*

*Ketolátky se tvoří, pokud dochází k nadměrnému metabolismu tuků ve spojení s nedostatečným metabolismem sacharidů (cukrů).  
Uveďte příklad poruchy, když nastane tato situace:*

#### a) Lestradetova zkouška

*Henri Lestradet (1921-1997)*

Na filtrační papír dejte malé množství práškového Lestradetova činidla a pouze je zvlhčete kapkou vzorku. Pozitivní výsledek se projeví postupným vývojem fialového zbarvení.

modelový vzorek	vlastní moč

#### b) Legalova zkouška

*Emmo Legal (1859-1922)*

V jedné zkumavce si připravte čerstvý roztok nitroprusidu sodného ve vodě (několik zrnek do asi 2 ml vody).

Do další zkumavky dejte asi 5 ml vzorku, přidejte 5 kapek připraveného roztoku nitroprusidu a 5 kapek 10% NaOH. Objeví se červené zbarvení způsobené kreatininem.

Přidejte několik kapek koncentrované kyseliny octové a v přítomnosti ketolátek se zbarvení prohloubí (ztmavne), v negativním případě barva zežloutne.

modelový vzorek	vlastní moč

#### 4. Průkaz krevního barviva

Heitz-Boyerova zkouška

Ve zkumavce smíchejte stejné díly vzorku a Heitz-Boyerova činidla.

Opatrně převrstvěte obsah zkumavky 3% peroxidem vodíku. Pozitivní reakce se projeví červenofialovým zbarvením (fenolftalein) na rozhraní kapalin.

modelový vzorek	vlastní moč

#### 5. Průkaz bilirubinu

a) Naumannova reakce

*Hans Norbert Naumann (1901-1985)*

Ve zkumavce si protřepete asi 5 ml vzorku s talkem (na špičku nože).

Připravte si malou nálevku, filtrační papír a směs moči s talkem zfiltrujte.

Do středu filtračního papíru (na zachycený talek) kápněte Fouchéovo činidlo ( $\text{FeCl}_3$  a kyselina trichloroctová). Pozitivní výsledek se projeví modrou skvrnou (bilicyanin).

modelový vzorek	vlastní moč

#### 6. Průkaz Ehrlich pozitivních látek (urobilinogenů)

Ehrlichova zkouška

*Paul Ehrlich (1884-1915)*

Do zkumavky přeneste asi 2 ml vzorku. Přidejte několik kapek Ehrlichova aldehydového činidla. Pozitivním výsledkem je různě intenzivní červené zbarvení.

modelový vzorek	vlastní moč

Závěr:

## Úkol 2: Proved'te analýzu neznámého vzorku

Imitaci vzorku moči otestujte na přítomnost proteinů, glukózy, ketolátek, krve a urobilinogenu pomocí uvedených zkoušek.

<i>Vzorek číslo:</i>	
<b>Testovaná látka</b>	<b>Výsledek</b>
<b>proteiny</b> (precipitace kyselinou sulfosalicylovou)	
<b>glukóza</b> (Fehlingova reakce)	
<b>ketony</b> (Lestradetova zkouška)	
<b>krev</b> (Heitz-Boyerova zkouška)	
<b>urobilinogen</b> (Ehrlichova zkouška)	
Závěr:	

## II. Diagnostické proužky

V dnešní době se základní chemické vyšetření moči provádí pomocí diagnostických proužků. Jsou vyrobeny z plastu, na který jsou nalepené plošky s fixovanými chemickými činidly. Počet detekčních zón je různý dle výrobce a typu diagnostického proužku. Výhodou je snadnost provedení a rychlost získání výsledku. V České republice jsou nejčastěji používané proužky „PHAN“ (výrobce: Erba Lachema).



### HeptaPHAN

pH  
bílkoviny  
glukóza  
ketolátky (ketony)  
urobilinogen  
bilirubin  
krev (erytrocyty a hemoglobin)

Výsledek je možné odečíst vizuálním srovnáním s barevnou stupnicí na krabičce nebo provést objektivní vyhodnocení pomocí analyzátoru. Pro odečítání proužků „PHAN“ je dostupný systém LAURA<sup>®</sup> Smart. Vyhodnocování analýzy moče pomocí LAURA<sup>®</sup> Smart eliminuje subjektivní interpretaci barevné odezvy diagnostických zón.



## Úkol: Proved'te základní chemické vyšetření vlastní moči pomocí diagnostického proužku

Pracovní postup:



1 Vyměte proužek z tuby.



2 Tubu se zbývajícím diagnostickými proužky ihned pečlivě uzavřete.



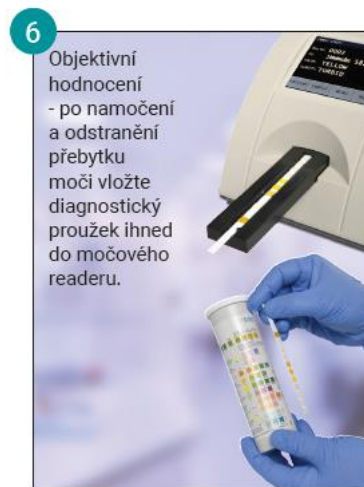
3 Namočte diagnostický proužek do vzorku moči tak, aby všechny diagnostické zóny byly ponořené (namočení 2 - 3 s).



4 Proužek vyměte a přebytečnou moč odstraňte otřením hrany o okraj nádoby.



5 Zbývající přebytečnou moč odstraňte otřením hrany proužku o papírový ubrousek (neotírejte testovací zóny).



6 Objektivní hodnocení - po namočení a odstranění přebytku moči vložte diagnostický proužek ihned do močového readeru.

Vizuální hodnocení – po uplynutí předepsané reakční doby uvedené v návodu srovnajte výsledné zbarvení s barevnou srovnávací stupnicí na štítku.

*Vyšetřete svoji vlastní moč pomocí diagnostického proužku HeptaPHAN.  
(K odečtení výsledku je možné využít systém Laura<sup>®</sup> Smart.)*

## c) Mikroskopické vyšetření močového sedimentu

Teorie je velmi pěkně zpracovaná zde:

<https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js15/mikroskop/web/index.html>

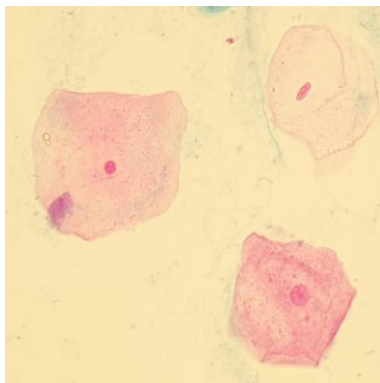
Atlas močového sedimentu:

<http://sekk.cz/atlas/index.htm>

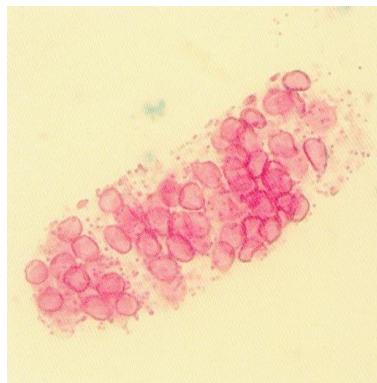
Velmi stručně:

Centrifugací moči se získá sediment ("dense and insoluble deposits"), který se následně hodnotí pod mikroskopem. Elementy, po kterých se pátrá, jde stručně shrnout jako:

**buňky (cells)**



**válce (casts)**



**krystaly (crystals)**



### Úkol: Proved'te mikroskopické vyšetření vlastní moči

Preparát zhotovíte z vlastní moči, kterou odeberete do čisté nádoby.

Moč dobře promíchejte a napipetujte 5 ml moči do centrifugační zkumavky. Zkumavku předejte laborantce. Následuje centrifugace 5 min při 2000 ot/min.

Bezprostředně po odstředění slijte supernatant tak, aby ve zkumavce zůstalo jen přibližně 0,5 ml supernatantu. K sedimentu přidejte 1 kapku pracovního roztoku ze soupravy na barvení močového sedimentu a důkladně promíchejte pomocí kapátka. Nechte 5 minut barvit.

1 kapku obarveného sedimentu naneste do jamky speciálního sklíčka pro vyšetření močového sedimentu a prohlížejte pod mikroskopem.

Popište nález, vypracujte závěr:



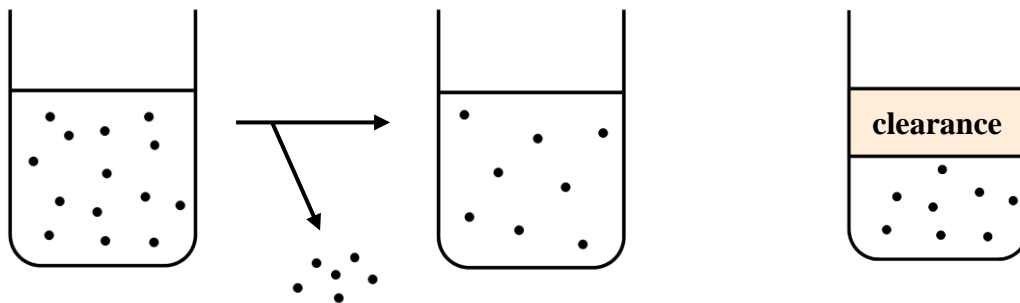
## Lab 5: Vyšetřování moči II

### a) Stanovení glomerulární filtrace jako clearance kreatininu

Funkční vyšetření ledvin umožňují posoudit, zda je funkce ledvin fyziologická či snižená. K základním metodám patří stanovení glomerulární filtrace (GF). Glomerulární filtrace je jedním ze základních procesů probíhajících v nefronu. Lze ji měřit na podkladě vylučování látky, která volně prochází do glomerulárního filtrátu (tj. ve stejné koncentraci jakou má v krevní plazmě) a v tubulech není ani resorbována ani secernována.

#### Clearance

Je to taková virtuální, ne úplně snadno pochopitelná veličina. Clearance udává objem krevní plazmy, který byl úplně očištěn od dané látky za jednotku času.



Ve skutečnosti nebude od dané látky **úplně** očištěno pravděpodobně vůbec nic, dojde *jen* ke snížení koncentrace dané látky. Obrázek vpravo ukazuje, jak se na to dívat. Uvažujme, že v části zůstane původní koncentrace a část bude úplně očištěna. Právě tato úplně očištěná část reprezentuje clearance.

Rozumět termínu clearance je nutné hlavně ve farmakologii, "očist'ovat" krevní plazmu je možné činnostmi více orgánů:

**ledviny - vylučování látky do moči**

**játra - odstranění látky jejím metabolismem**

plíce - vydýchání

kůže - eliminace látky v potu

My se dále budeme zabývat pouze a jenom **renální clearance**. *Renální clearance* udává objem krevní plazmy, který byl úplně očištěn od dané látky za jednotku času *činností ledvin*.

*glomerulární filtrace = clearance látky, která volně prochází do glomerulárního filtrátu a v tubulech není ani resorbována ani secernována.*

Takovou teoretickou ideální látkou je inulin.

Co to je inulin?

Inulin se normálně v lidském těle nevyskytuje, vyšetření využívající inulin by bylo velmi komplikované. V praxi je možné měřit glomerulární filtraci pomocí clearance endogenního markeru filtrace - kreatininu. I tak je to metoda dosti složitá, hlavním limitujícím faktorem je správný sběr moči.

*strukturní vzorec kreatininu*

### Úkol: Stanovte clearance kreatininu

Do čisté nádoby odeberte vlastní moč.

Vzorek moči 100× zřed'te.

Do odměrné baňky (o objemu 100 ml) napipetujte **1 ml moči**.

Destilovanou vodou doplňte odměrnou baňku po rysku (tj. na objem 100 ml).

Odměrnou baňku uzavřete zátkou a obsah **důkladně promíchejte**.

*Proč moč ředíme?*

Látky, které se v glomerulu volně filtrují a následně nepodléhají ani tubulární resorpci ani tubulární sekreci (o kreatininu předpokládáme, že se právě tak chová), mají v definitivní moči zhruba 100x větší koncentraci než v glomerulárním filtrátu (koncentrace v glomerulárním filtrátu je blízká koncentraci v krevní plazmě).

Při fotometrickém stanovení, kdy paralelně zpracováváme vzorek a standard, je nutné, aby koncentrace vzorku nebyla příliš vzdálená od koncentrace standardu. V praxi se postupuje tak, že se používá standard o koncentraci srovnatelné s očekávanou koncentrací vzorku. Další možností je ředění vzorku tak, abychom se dostali po naředění řádově ke koncentraci standardu. Ze změřené koncentrace naředěného vzorku a známého ředění můžeme snadno spočítat koncentraci původního (neředěného) vzorku, která nás zajímá.

V našem případě jako standard použijeme krevní sérum o známé koncentraci kreatininu (**177 μmol/l**), pro zjištění clearance kreatininu musíme změřit jeho koncentraci jednak ve vzorku krevní plazmy (sérum) vyšetřovaného pacienta, jednak v průměrném vzorku po dobu 24 hodin sbírané moči. Očekávaná koncentrace kreatininu v séru je řádově srovnatelná s koncentrací standardu, ale pro moč tohle neplatí, očekávaná koncentrace v moči je řádově 100x vyšší, proto musíme před měřením vzorek moči ředit.

Podle následujícího schématu napipetujte:

- vzorek **séra** a **standardu** do **centrifugačních zkumavek**
- vzorek moči a slepý vzorek (porovnávací roztok) do **tenkostěnných zkumavek**

Krevní sérum a moč jsou úplně jiné biologické matrice, zkumavky 1 (sérum) a 2 (standard) budou zpracovávány odlišným způsobem – je nutné odstranit proteiny, které by rušily stanovení, precipitací kyselinou trichloroctovou.

Objemy jsou uvedeny v ml	centrifugační zkumavky		tenkostěnné zkumavky	
	1	2	3	4
	Sérum	Standard	Zředěná moč	Porovnávací roztok
sérum	0,50	–	–	–
standard	–	0,50	–	–
zředěná moč	–	–	0,50	–
destilovaná voda	1,00	1,00	0,25	0,75
kys. trichloroctová	0,50	0,50	0,25	0,25

Lihovým fixem zkumavky očísľujte a centrifugační zkumavky označte tak, abyste si je poznali.

Obsah zkumavek promíchejte a nechte **5 minut stát**.

Centrifugační zkumavky (1 a 2) odevzdejte laborantce k provedení centrifugace (10 min, 2500 ot/min). Tenkostěnné zkumavky (3 a 4) ponechte zatím stát ve stojánku na stole.

*Čekání můžete využít k vyzkoušení webových kalkulačků GF.*

Po dokončení centrifugace přeneste opatrně do paralelních tenkostěnných zkumavek (1 a 2) po **1,00 ml** supernatantu.

V tomto kroku máte připravené 4 zkumavky, každá obsahuje 1 ml roztoku (zkumavka 1 a 2 supernatant odebraný po centrifugaci, zkumavky 3 a 4 máte už připraveny).

### Vlastní stanovení kreatininu (Jaffého reakce)

Ke stanovení kreatininu se používá reakce s kyselinou pikrovou v alkalickém prostředí. Reakce není specifická, podobně reaguje řada dalších látek (tzv. Jaffé-pozitivní chromogeny).

Do všech zkumavek napipetujte roztok kyseliny pikrové a NaOH (viz tabulka):

	1	2	3	4
<i>kys. pikrová</i>	0,50	0,50	0,50	0,50
<i>hydroxid sodný</i>	0,50	0,50	0,50	0,50

Obsah zkumavek promíchejte a nechte **20 minut** stát.

*Čekání můžete využít k provedení další úlohy - Aminokyseliny a jejich metabolity v moči.*

Změřte absorbanci všech tří vzorků ( $A_{\text{sérum}}$  = zkumavka č. 1 – sérum,  $A_{\text{st}}$  = zkumavka č. 2 – standard,  $A_{\text{zř. moč}}$  = zkumavka č. 3 – zředěná moč) proti porovnávacímu roztoku (zkumavka č. 4) při vlnové délce **505 nm**.

$A_{\text{sérum}}$	
$A_{\text{st}}$	
$A_{\text{zř. moč}}$	

Proveďte výpočet koncentrace kreatininu v séru ( $S_{\text{kr}}$ ):

$$S_{\text{kr}} = c_{\text{st}} \times \frac{A_{\text{sérum}}}{A_{\text{st}}}$$

Proveďte výpočet koncentrace kreatininu ve zředěné moči ( $U_{\text{zř. moč}}$ ):

$$U_{\text{zř. moč}} = c_{\text{st}} \times \frac{A_{\text{zř. moč}}}{A_{\text{st}}}$$

Proveďte výpočet koncentrace kreatininu v původní neředěné moči ( $U_{kr}$ ):

$$U_{kr} = 50 \times U_{zř.moč}$$

pozn. Moč jste před stanovením kreatininu ředili 100×, ale zkumavky 1 a 2 (kde je bylo matricí sérum) byly zpracovávány odlišným způsobem než zkumavka se zředěnou močí, po centrifugaci byla dále zpracovávána jen polovina výchozího množství...

Proveďte výpočet odhadu glomerulární filtrace jako clearance kreatininu:

$$GF \approx C_{kr} = \frac{U_{kr}}{S_{kr}} \times V$$

kde V je diuréza/24 hodin, počítejte s údajem  $V = 1,78$  l/den

Referenční hodnota kreatininu v krvi:

Referenční hodnota kreatininu v moči: 1. ranní moč

♂ 3,5 – 24,6 mmol/l

♀ 2,6 – 20,0 mmol/l

Referenční hodnota clearance kreatininu:

Závěr:

Provedení v praktických cvičeních neodpovídá vyšetření jednoho daného pacienta, i když pracujete s vlastní močí, spočítaná glomerulární filtrace nic neříká o funkci vašich ledvin !!!

Zamyslete se, jak jste postupovali:

$U_{kr}$	vlastní moč – jednorázový odběr
$S_{kr}$	fetální bovinní sérum
V	24-hodinový sběr moče nebyl prováděn, diuréza/24 hodin je už pro výpočet dopředu udána

Jak se vyšetření skutečně provádí:

Pokyny k provedení vyšetření (citováno dle: Ústav klinické biochemie a hematologie FN Plzeň)

### Clearance endogenního kreatininu ( $C_{kr}$ )

3 dny před a během testu vynechat maso, výrobky z masa, léky – pokud je to z klinického hlediska možné. Vyhnout se fyzické námaze. V den testu přijímat průměrné množství tekutin; pacient nesmí pít příliš, ale též nesmí žíznit. Nepodávat látky s močopudným účinkem (diuretika, káva, čaj). Dodržovat tělesný klid; vyšetřovaný leží nebo mírně přechází. Provádíme **24-hodinový sběr moče**. Moč není třeba konzervovat, případná konzervace nevádí. Do laboratoře zaslat 5 ml průměrného vzorku moče na stanovení hladiny kreatininu ( $U_{kr}$ ). Na žadance vyznačit diurézu/24 h s přesností na 10 ml. Současně ráno nalačno, stačí na konci sběrného období, odebrat srážlivou krev na stanovení hladiny sérového kreatininu ( $S_{kr}$ ). Výpočet se vztahuje na ideální tělesný povrch 1,73 m<sup>2</sup>; k výpočtu skutečného tělesného povrchu je třeba udat hmotnost a výšku pacienta.

### Největší zdroj chyb představuje sběr moči!

Proto se dnes glomerulární filtrace raději odhaduje z parametrů, jejichž zjištění nevyžaduje sběr moči. Existuje spousta vzorců pro odhadování glomerulární filtrace:

Cockcroft a Gault (1973)

MDRD (2005)

CKD-EPI kreatinin (2009)

CKD-EPI cystatin C (2012)

CKD-EPI kreatinin - cystatin C (2012)

## b) Aminokyseliny a jejich metabolity v moči

Aminokyseliny jsou nízkomolekulární látky (rozuměj: mají malou relativní molekulovou hmotnost), v glomerulech jsou tedy volně filtrovány, ale podobně jako glukóza jsou v proximálním tubulu aktivně resorbovány. V moči proto nejsou normálně téměř vůbec přítomny, fyziologické vylučování je minimální. Vylučování aminokyselin do moči se nazývá **aminoacidurie**.

**Renální** aminoacidurie je důsledkem postižení renálních tubulů, které nejsou schopny z glomerulárního filtrátu resorbovat všechny aminokyseliny ani při jejich normální hladině v krvi. Existují i geneticky podmíněné defekty specifických reabsorpčních systémů.

Při **overflow** aminoacidurii nabídka jedné nebo více aminokyselin převyšuje resorpční kapacitu ledvinných tubulů, tj. ledviny jsou v pořádku, problém je ve zvýšené hladině nějaké aminokyseliny v krvi (stejný princip jako v případě glukózy v moči u diabetika).

### Úkol: Proved'te průkaz aminokyselin ve vlastní moči

*Pro stanovení aminokyselin v moči použijte modelový vzorek moči. Obsahuje danou aminokyselinu, proto bude výsledek pozitivní. Jako negativní kontrolu použijte vlastní moč.*

#### 1. Průkaz cystinu

Zvýšená hladina cystinu v moči je typická u <b>cystinurie</b> . Uveďte stručnou charakteristiku tohoto onemocnění:	<i>Strukturní vzorec cystinu</i>
---	----------------------------------

Na filtrační papír dejte malé množství práškového činidla (nitroprusid sodný +  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  +  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  +  $\text{NaCN}$ ) a zvlhčete kapkou vyšetřovaného vzorku. V pozitivním případě vznikne ihned červenofialové zbarvení.

modelový vzorek	vlastní moč

## 2. Průkaz fenylpyruvátu

<b>nemoc: fenylketonurie</b> Uveďte stručnou charakteristiku tohoto onemocnění::	<i>Strukturní vzorec fenylpyruvátu</i>
---	--

K několika ml vyšetřovaného vzorku ve zkumavce přidejte 2 kapky 10% HCl a 3 kapky FeCl<sub>3</sub>. V pozitivním případě vznikne tmavozelené zbarvení.

modelový vzorek	vlastní moč

## 3. Průkaz tyrosinu

<b>nemoc: tyrosinémie (je jich více typů)</b> Uveďte stručnou charakteristiku tohoto onemocnění:	<i>Strukturní vzorec tyrosinu</i>
---	-----------------------------------

Ve zkumavce smíchejte stejný díl vyšetřovaného vzorku (max. 0,5 ml) a Millonova činidla (Hg + HNO<sub>3</sub>). V pozitivním případě se do 10 minut vyvine červené zbarvení.

modelový vzorek	vlastní moč

Závěr:



## Lab 6: Klinická enzymologie

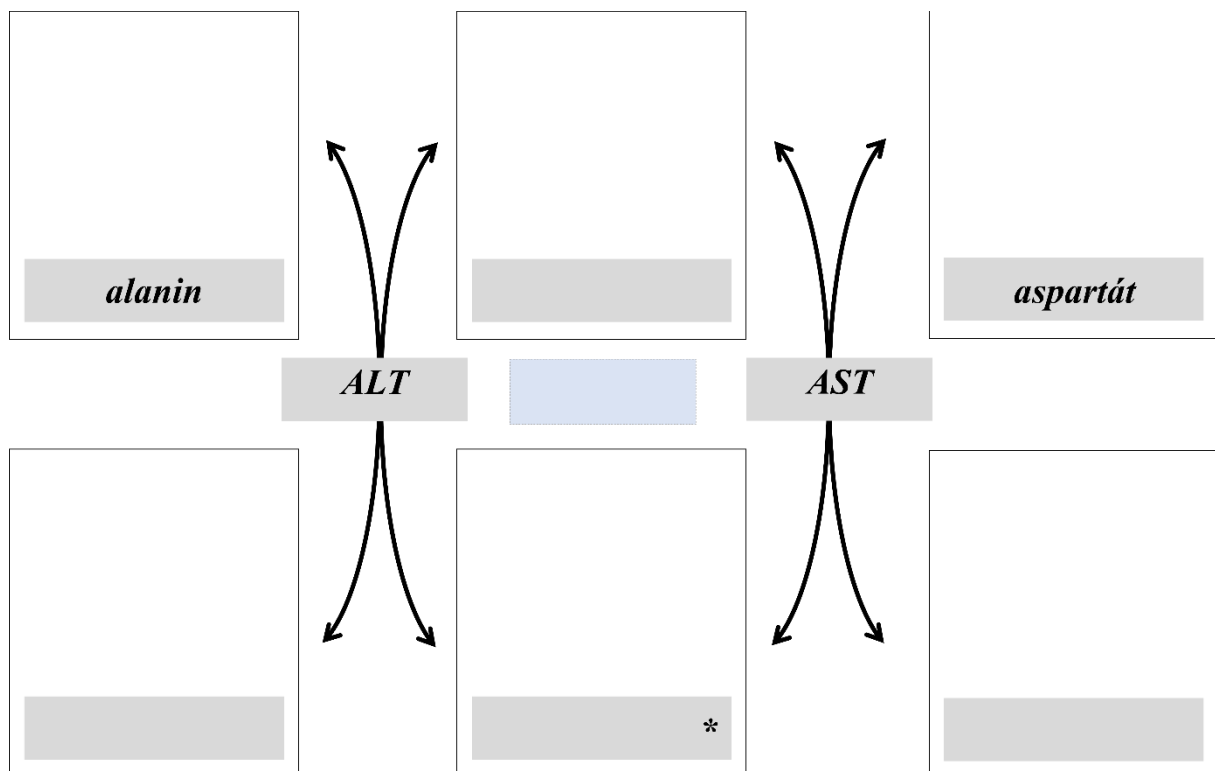
### a) Sledování aktivity aminotransferáz ALT a AST v jaterním extraktu

ALT a AST jsou enzymy katalyzující transaminační reakce, patří k nejvíce stanovovaným enzymům v klinické praxi. V našem experimentu nebudeme měřit jejich katalytickou koncentraci v krevním séru, budeme pouze prokazovat jejich přítomnost v jaterní tkáni (hepatocytech).

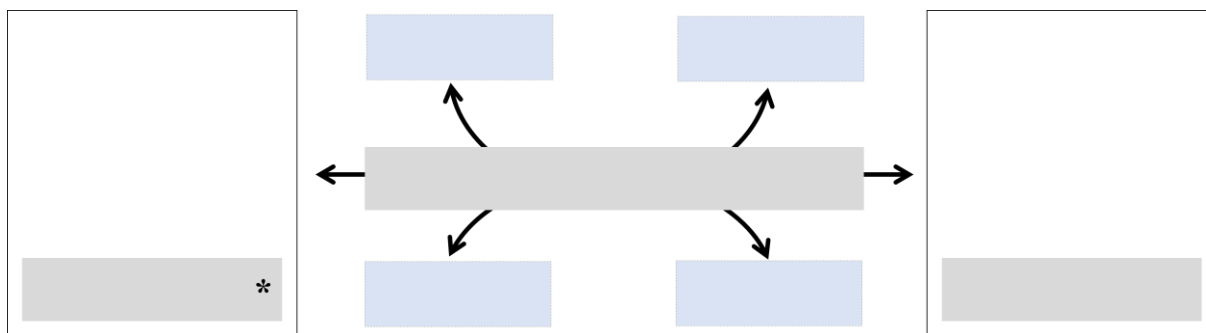
ALT =

AST =

Zapište ve vzorcích rovnice reakcí:



Tímto mechanismem (nepřímou deaminací = transaminací) se při degradaci zbavuje dusíku většina aminokyselin. Pouze jedna jediná aminokyselina se zbavuje dusíku přímo ve formě amoniaku (přímá deaminace = oxidační deaminace). Je to právě ta, která vzniká "odkládáním dusíku" při transaminacích (označená \* ve schématech).



**ALT** je obsažena nejvíce v **játrech**, je lokalizována pouze v cytoplazmě. Stanovení ALT v krevním séru je citlivým a relativně specifickým testem pro poškození jater. Aktivita v séru se zvyšuje již při malém poškození hepatocytů, stačí jen narušení permeability jejich buněčné membrány.

**AST** se vyskytuje v řadě orgánů – v **játrech, myokardu, kosterním svalstvu**, ale i v erythrocytech. AST je přítomna v mitochondriích (70 %) i v cytoplazmě (30 %). Mitochondriální frakce se dostává do krve až při nekróze (rozpadu) buňky. Výrazné zvýšení aktivity AST v séru je proto známkou těžšího poškození. AST není specifická pouze pro jaterní tkáň, její zvýšení může být způsobeno i poškozením kosterního svalstva nebo myokardu.

Jaká je normální (fyziologická) hodnota ALT v séru?
Jaká je normální (fyziologická) hodnota AST v séru?
K čemu se využívá De Ritisův kvocient?

Metoda stanovení je založena na rozdílné světelné absorpci 2,4-dinitrofenylhydrazonů kys. 2-oxo-glutarové a pyrohroznové, která vzniká u reakce ALT přímo, u reakce AST po spontánní dekarboxylaci oxalacetátu. Při vyšetření séra se určí aktivita z kalibrační křivky, sestavené podle absorpcí různě koncentrovaných hydrazonů pyrohroznové kyseliny.

### Úkol: Prokažte přítomnost aminotransferáz v jaterních buňkách

Do 4 připravených zkumavek napipetujte roztoky dle tabulky:

	1 (pokusná)	2 (porovnávací)	3 (pokusná)	4 (porovnávací)
	ALT		AST	
substrát ALT	0,50 ml	0,50 ml	-	-
substrát AST	-	-	0,50 ml	0,50 ml

Zkumavky preinkubujte asi **10 minut při 37°C** ve vodní lázni.

#### Příprava jaterního extraktu (enzymového preparátu)

Asi 1 cm<sup>3</sup> jaterní tkáň (připraveno na pracovním stole) rozdrťte v třecí misce, přidejte **5 ml fosforečnanového pufru** a ještě chvíli pokračujte v homogenizaci. Celý obsah třecí misky („homogenát“) přeneste do centrifugační zkumavky a zkumavku odevzdejte laborantce k provedení centrifugace (5 min, 2500 ot/min). Supernatant použijete jako enzymový preparát.

Do vlastních „pokusných“ zkumavek přidejte získaný enzymový preparát (jaterní extrakt):

jaterní extrakt	0,10 ml	-	0,10 ml	-
-----------------	---------	---	---------	---

Všechny 4 zkumavky inkubujte **30 minut při 37°C**, pak přidejte do všech zkumavek roztok dinitrofenylhydrazinu:

dinitrofenylhydrazin	0,50 ml	0,50 ml	0,50 ml	0,50 ml
----------------------	---------	---------	---------	---------

Obsah zkumavek promíchejte a nechte **stát 15 minut**.

Do všech zkumavek napipetujte roztok NaOH:

NaOH	5,00 ml	5,00 ml	5,00 ml	5,00 ml
------	---------	---------	---------	---------

Jaterní extrakt přidejte i do porovnávacích zkumavek:

jaterní extrakt	-	0,10 ml	-	0,10 ml
-----------------	---	---------	---	---------

Obsah zkumavek promíchejte. Na spektrofotometru při nastavené vlnové délce **506 nm** změřte absorbanci zkumavky č. 1 proti zkumavce č. 2 (odpovídá aktivitě ALT) a absorbanci zkumavky č. 3 proti zkumavce č. 4 (odpovídá aktivitě AST).

A <sub>ALT</sub>	
A <sub>AST</sub>	

Vyhodnocení, závěr:

## b) Stanovení alkalické fosfatázy v séru

Alkalická fosfatáza (ALP) je enzym katalyzující hydrolýzu esterů kyseliny fosforečné v alkalickém prostředí (pH optimum 9,5–10,5). Alkalická fosfatáza je lokalizována v cytoplazmatických membránách buněk epitelu žlučových cest, v játrech, kostech, střevech, placentě.

Stanovení aktivity ALP je založeno na štěpení syntetického substrátu na barevný produkt, který umožňuje přímé fotometrické měření.

*Do reakčního schématu doplňte strukturní vzorce a názvy reaktantů!*



### Úkol: Stanovte aktivitu ALP v krevním séru

Do 2 připravených zkumavek napipetujte roztoky dle tabulky:

Sérum najdete v malé plastové zkumavce („eppendorfce“).

Při pipetování malého objemu séra je třeba pracovat velice pečlivě, dbát na to, aby se sérum dostalo na dno zkumavky - sérum nesmí ulpět na stěně zkumavky!

	1 (vzorek)	2 (porovnávací roztok)
pufř	1,00 ml	1,00 ml
sérum	<b>20 µl</b>	-

Obsah zkumavek promíchejte a preinkubujte **5 minut při 37°C** ve vodní lázni.

Přidejte do obou zkumavek substrát:

substrát	0,20 ml	0,20 ml
----------	---------	---------

Inkubujte přesně **10 minut při 37°C**, pak enzymovou reakci zastavte přidáním inhibitoru:

inhibitor	0,50 ml	0,50 ml
-----------	---------	---------

Do zkumavky obsahující kontrolní roztok přidejte 20 µl séra:

sérum	-	<b>20 µl</b>
-------	---	--------------

Tím dosáhnete toho, že obě zkumavky obsahují „to samé“. Ale do zkumavky obsahující porovnávací roztok bylo sérum přidáno až po přidání inhibitoru. Enzym obsažený ve vyšetřovaném séru tedy zpracovával substrát pouze ve zkumavce č. 1, čím více enzymu je ve vyšetřovaném séru přítomno, tím více substrátu se ve zkumavce č. 1 přeměnilo na barevný produkt.

Obsah zkumavek promíchejte. Na spektrofotometru při nastavené vlnové délce **420 nm** změřte absorbanci (A) vzorku (zkumavka č. 1) proti porovnávacímu roztoku (zkumavka č. 2).

A	
---	--

Vypočtete katalytickou koncentraci ALP ve vyšetřovaném séru dle vztahu:

$$\text{ALP } (\mu\text{kat/l}) = 10,236 \times A$$

ALP	µkat/l
-----	--------

Jaká je normální (fyziologická) hodnota ALP v séru?

Závěr:

### c) Stanovení laktátdehydrogenázy v séru

Laktátdehydrogenáza (LDH) katalyzuje přeměnu *pyruvátu* na *laktát* za současné oxidace NADH na NAD<sup>+</sup>. Ke kinetickému stanovení aktivity laktátdehydrogenázy využijeme Warburgův optický test.

*Zakreslete rovnici reakce katalyzované laktátdehydrogenázou ve strukturních vzorcích. Vyznačte reaktant, jehož absorbanci měříme.*

#### Úkol: Stanovte aktivitu LDH v krevním séru

Zapněte fotometr (vyhříváný na 37°C). Dle přiloženého návodu nastavte vlnovou délku **340nm**.

Do fotometru vložte skleněnou kyvetu určenou pro měření **LDH**.

Pomocí pipety 1000 µl napipetujte do kyvety slepý vzorek (destilovaná voda) a proveďte měření slepého vzorku A = 0,000.

Skleněnou kyvetu vyprázdněte a vložte zpět do fotometru.

#### Stanovení aktivity standardu

Do „ependorfky“ napipetujte **20 µl standardu** a **1000 µl pracovního roztoku**, spusťte stopky, promíchejte roztok 2× nasátím do pipety na 1000 µl a neprodleně vpravte do kyvety. Na konci **2., 3., 4. a 5. minuty** stiskněte tlačítko pro měření absorbance a na displeji fotometru odečtěte absorbanci. Po změření standardu obsah odstraňte a kyvetu několikrát propláchněte destilovanou vodou.

#### Stanovení aktivity vzorku

Stejný postup opakujte s reakční směsí **20 µl vzorku** a **1000 µl pracovního roztoku**.

	standard	vzorek
A <sub>2</sub>		
A <sub>3</sub>		
A <sub>4</sub>		
A <sub>5</sub>		

Získané hodnoty zadejte do připraveného souboru v počítači (*LD.xls*).

*Sem vložte získaný graf*

LDH	$\mu\text{kat/l}$
-----	-------------------

Jaká je normální (fyziologická) hodnota LDH v séru?

Závěr:





## Lab 7: Molekulární biologie I

### Úkol: Vyšetřete přítomnost Leidenské mutace ve vzorku vlastní DNA

Celý blok praktik z molekulární biologie se bude zabývat detekcí Leidenské mutace.

Co je Leidenská mutace (o jaký typ mutace se jedná, co způsobí)?

### a) Izolace DNA

Nejprve musíte získat vlastní DNA potřebnou pro detekci Leidenské mutace.  
Izolační kit MACHEREY-NAGEL (ze stěru bukalní sliznice)

*Studenti, kteří budou poskytovat vzorek pro izolaci DNA, by před odběrem neměli pít horké nápoje a alkohol, stejně tak by se měli vyvarovat použití ústní vody.*

Nukleové kyseliny lze izolovat z jakéhokoli biologického materiálu obsahujícího buňky se zachovanými jádry. Pokud je třeba získat materiál pro izolaci DNA neinvazivním způsobem, využívá se odběr z bukalní sliznice.

V praktiku používáme kolonkovou metodu, která pracuje na principu iontové výměnné chromatografie. Molekuly DNA nesou záporný náboj. V přítomnosti vysoké koncentrace tzv. chaotropních solí se nukleové kyseliny z buněčného lyzátu navážou na silikát, zatímco většina kontaminujících látek kolonkou proteče. Po promytí kolonky se čistá DNA eluuje do vhodného pufu.

### Provedení

1. Mnohokrát přejetete odběrovou tyčinkou po sliznici pravé i levé tváře, **cca 2-3 min.**
2. Přenesete do **1,5ml eppendorfky** a pomocí víčka a stěny zkumavky odломíte část s vatičkou.
3. Přidáte **100 µl PBS, 15 µl proteinázy K, 100 µl roztoku B3**. Vortexujete **60 s.**
4. Vložíte do termobloku a budete inkubovat **10 min** při **56°C**. Vortexujete **30 s.**

5. Vložíte do termobloku a budete inkubovat **5 min** při **70°C**. Vortexujete **30 s**.
6. Přidáte **100 µl 96% ethanolu** a vortexujete **10 s**. Lehce stočíte.
7. Přenesete **lyzát** (bez vatičky) pipetou na **kolonku** a centrifugujete **12000 ot/min, 1 min**.
8. Vložíte kolonku do nové zkumavky a přidáte **400 µl roztoku BW**, centrifugujete **12000 ot/min**, po dobu **1 min**.
9. Vložíte kolonku do nové zkumavky a přidáte **400 µl roztoku B5**, centrifugujete **12000 ot/min**, po dobu **1 min**.
10. Slijete promývací roztok ze spodní zkumavky, vložíte kolonku zpět do zkumavky a centrifugujete **12000 ot/min** po dobu **3 min**.
11. Vložíte kolonku do 1,5ml eppendorfky (*zkumavku předem popíšete vašimi iniciálami a datem, kdy byla izolace provedena*), na dno kolonky opatrně napipetujete **50 µl roztoku BE** předeřhřátého na **70°C**. Necháte stát **1 min** při pokojové teplotě.
12. Centrifugujete **12000 ot/min** po dobu **1 min**.

## b) Měření koncentrace DNA, kontrola čistoty

Pro stanovení koncentrace nukleových kyselin a kontrolu jejich čistoty lze využít spektrofotometrii. Roztok nukleové kyseliny (DNA i RNA) má absorpční maximum při 260 nm, proteiny maximálně absorbují při 280 nm, při 230 nm mají absorpční maximum nízkomolekulární látky (např. fenol, chloroform, EDTA používané při izolaci nukleových kyselin).

Koncentrace nukleové kyseliny se počítá ze změřené absorbance při 260 nm.

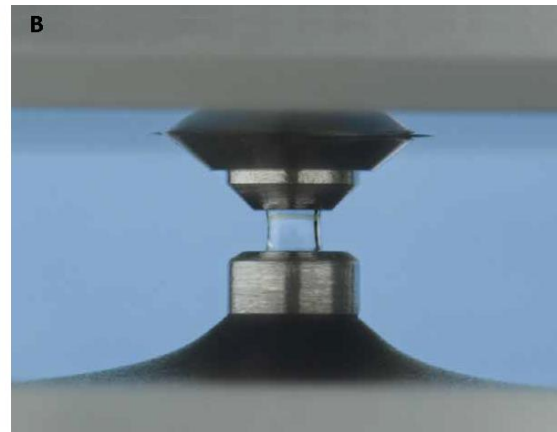
Platí, že  $A_{260} = 1$  odpovídá u dvouřetězcové DNA (dsDNA) koncentraci 50  $\mu\text{g/ml}$ .

Čistota vzorku se hodnotí podle poměrů absorbancí  $A_{260}/A_{280}$  a  $A_{260}/A_{230}$ . Poměr  $A_{260}/A_{280}$  by měl být pro čistou DNA okolo 1,8. Poměr  $A_{260}/A_{230}$  by měl být pro čistou DNA vyšší než 2,0. Pokud je hodnota poměrů výrazně nižší, je roztok kontaminován proteiny nebo fenolem.

Mikroobjemový spektrofotometr DeNovix DS-11 – nanáší se 1  $\mu\text{l}$  vzorku.



*Aplikace vzorku na měřicí plošku*

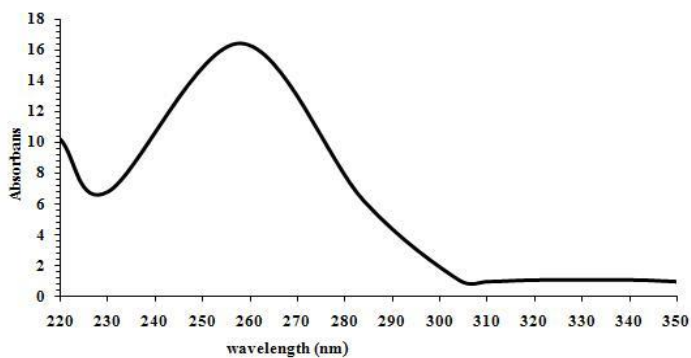


*Vlastní měření*

1. Na spektrofotometru zvolíte program: „dsDNA“.
2. Spektrofotometr vynulujete proti slepému vzorku („blank“).
3. Změříte absorpční spektrum vzorku DNA v rozsahu 220 nm – 350 nm.
4. Přístroj zobrazí na displeji: změřené spektrum

absorbanci při 260 nm ( $A_{260}$ ), koncentraci DNA

poměry  $A_{260}/A_{280}$  a  $A_{260}/A_{230}$

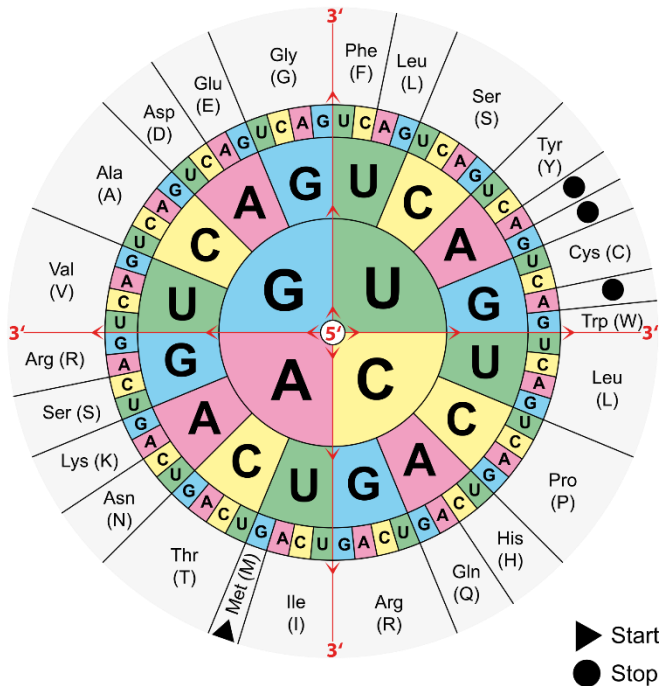


*Absorpční spektrum čisté DNA*

Parametr	Hodnota
$A_{260}$	
<b>koncentrace</b>	
$A_{260} / A_{230}$	
$A_{260} / A_{280}$	

## Lab 8: Molekulární biologie II

„Přeložte“ nukleotidovou sekvenci oblasti genu kódujícího hemokoagulační faktor V, kde se nalézá mutace Leiden, do aminokyselinové sekvence (používejte třípísmenné zkratky aminokyselin příklad zápisu sekvence Gly-Asp-Leu). Obrázek ukazuje genetický kód.



### ***FV wild type***

*Sekvence DNA:* 1684 GAC AGG CGA GGA ATA CAG

*Aminokyselinová sekvence:* 504 .....

Napište stejný úsek sekvence genu pro faktor V nesoucího mutaci:

### ***FV Leiden G 1691 A***

*Sekvence DNA:* 1684 .....

*Aminokyselinová sekvence:* 504 .....

*Sekvence DNA se podle konvence vždy píše ve směru 5' - 3'.*

*Číslování – první nukleotid nebo aminokyselina v dané sekvenci odpovídají pozici uvedené příslušným číslem.*

## a) Polymerázová řetězová reakce

V tomto praktiku budete amplifikovat pomocí PCR vybraný úsek genu pro Faktor V (úsek, který obsahuje SNP našeho zájmu, tj. oblast obsahující místo, kde může být "Leidenská mutace").

Vysvětlete princip PCR:

(Jak je vybrán úsek ke zmnožení? Jaké je složení reakční směsi? Jak zmnožení probíhá?)

*Pracujte v rukavicích (powder-free)!  
Některé kroky se budou provádět na ledu.*

### **Příprava master mixu** (pro celou skupinu jeden společný)

Jedna jednotlivá PCR reakce se provádí ve velmi malém objemu (20 µl). Bylo by příliš pracné a nakonec i technicky obtížně proveditelné pipetovat jednotlivé složky do každé mikrokumavky zvlášť. Proto se vše, co je společné, napipetuje nejdříve dohromady pro všechny zamýšlené PCR reakce. Takto připravenému pracovnímu roztoku se říká slangově "master mix".

V dnešní době nabízí firmy už předpřipravené master mixy (obsahují Taq polymerázu ve vhodném pufru, dNTP, Mg<sup>2+</sup>), do kterých je nutné přidat pouze primery a DNA.

Do **1,5 ml eppendorfky** si připravíte master mix pro 7 PCR reakcí (*budete amplifikovat 5 vzorků a negativní kontrolu, „nadbytečná“ reakce je počítána na ztráty při pipetování*), každá bude o celkovém objemu reakční směsi 20 µl (18 µl master mixu + 2 µl vzorku DNA).

	1 reakce	7 reakcí
	$\mu\text{l}$	$\mu\text{l}$
voda	7,6	53,2
gb Basic PCR Master Mix (2 $\times$ )	10	70
forward primer (F)	0,2	1,4
reverse primer (R)	0,2	1,4
vzorek DNA	2	vzorek se bude přidávat později, až do jednotlivých PCR zkumavek
Celkový objem:	20	

Eppendorfkou s mastermixem lehce zvertexujete a následně dejte krátce zcentrifugovat. Držte na ledu.

### Příprava PCR - vzorky

Do plátíčka (destičky) si připravte **dvě PCR zkumavky** a rozpipetujte do nich po **18  $\mu\text{l}$  master mixu**.

Do každé zkumavky se k 18  $\mu\text{l}$  mastermixu přidá po **2  $\mu\text{l}$  vzorku DNA**. Každá pracovní skupina pipetuje svůj vzorek DNA (DNA izolovaná v průběhu minulých praktik). První pracovní skupinka navíc napipetuje pozitivní kontrolu – 2  $\mu\text{l}$  roztoku DNA ze zkumavky označené **+K1**. Druhá pracovní skupinka navíc napipetuje pozitivní kontrolu – 2  $\mu\text{l}$  roztoku DNA ze zkumavky označené **+K2**. Poslední pracovní skupinka napipetuje negativní kontrolu – místo DNA 2  $\mu\text{l}$  vody.



Zkumavky vložte do bloku termocykleru a spusťte přednastavený program.

### Parametry PCR:

<i><b>Krok</b></i>	<i><b>Teplota</b></i>	<i><b>Délka</b></i>
<b>úvodní denaturace</b>	95°C	2 min
<b>35 cyklů</b>	95°C	30 s
	60°C	30 s
	72°C	30 s
<b>závěrečná extenze</b>	72°C	5 min
<b>uchování</b>	4°C	do nekonečna

V následující sekvenci (část sekvence genu kódujícího koagulační faktor V) vyznačte místa, kam se budou vázat primery při amplifikaci pomocí PCR.

Sekvence primerů:

FVL F            5'- GGA ACA ACA CCA TGA TCA GAG CA -3'            23 mer  
FVL R            5'- TAG CCA GGA GAC CTA ACA TGT TC -3'            23 mer

```
1274        GGTGCAGCACACCAACATGACACATGTATACATATGTAACAAACCTGCACGTTGTGCACA
1334        TGTACCCTAGAACTTAAAGTATAATTTAAAAAATAAAAAATAAAAGAAATTCCTTTTGCA
1394        ATATTAATTGGTTCCAGCGAAAGCTTATTTATTTATTTATTATCATGAAATAACTTTGCA
1454        AATGAAAACAATTTTGAATATATTTTCTTTTCAGGCAGGAACAACACCATGATCAGAGCAG
1514        TTCAACCAGGGGAAACCTATACTTATAAGTGGAACATCTTAGAGTTTGATGAACCCACAG
1574        AAAATGATGCCAGTGCTTAACAAGACCATACTACAGTGACGTGGACATCATGAGAGACA
1634        TCGCCTCTGGGCTAATAGGACTACTTCTAATCTGTAAGAGCAGATCCCTGGACAGGCAG
1694        GAATACAGGTATTTTGTCTTGAAGTAACCTTTCAGAAATTCTGAGAATTTCTTCTGGCT
1754        AGAACATGTTAGGTCTCCTGGCTAAATAATGGGGCATTTCCTTCAAGAGAACAGTAATTG
1814        TCAAGTAGTCCTTTTGTAGCACCAGTGTGATAACATTTATTCTTTTTTTTTTTTTGTCTTG
1874        TCTATTTTTATCAGTACCATCACTGCCGAAGGCAAGTCTAGAGTGTGATAACATATTTTG
```

*Sekvence – normální alela, žlutě vyznačena pozice, kde se nachází mutace FV Leiden.*

Jak dlouhý bude amplifikovaný produkt?

## Lab 9: Molekulární biologie III

### a) Restrikční štěpení

Vysvětlete, co jsou restrikční endonukleázy a jak fungují:

V tomto praktiku použijeme restrikční endonukleázu MnlI k analýze úseku DNA amplifikovaného PCR metodou v minulém týdnu.

*Pracujte v rukavicích (powder-free)!*

#### Provedení

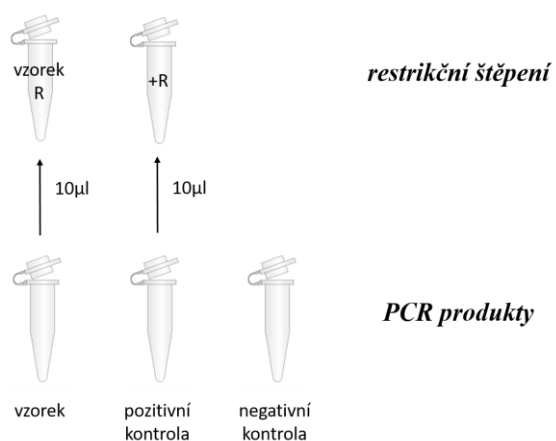
Dostanete **2 PCR zkumavky** zpracovávané v minulém týdnu – vzorek vaší DNA a některá z kontrol.

V každé je 20  $\mu$ L PCR reakční směsi (doufejme, že s příslušným PCR produktem).

- vzorek vaší DNA *zkumavka označená vašimi iniciálami*
- pozitivní kontrola (faktor V Leiden, homozygot) *zkumavka označená "+K1"*
- pozitivní kontrola (faktor V Leiden, heterozygot) *zkumavka označená "+K2"*
- negativní kontrola *zkumavka označená "-K"*

K provedení restrikční analýzy budete potřebovat **dvě nové PCR zkumavky** (skupinka, která pracovala s negativní kontrolou **jen jednu novou PCR zkumavku**). Do jedné přeneste přesně **10  $\mu$ L** PCR produktu ze zkumavky se zpracovaným vzorkem vaší DNA, do druhé ze zkumavky s pozitivní kontrolou. Označte nové zkumavky symbolem "R", tj. "*vaše iniciály R*", "+ R".





Celkový objem reakce restrikčního štěpení bude 20  $\mu\text{L}$ . Zatím máte ve zkumavkách připraveno přesně 10  $\mu\text{L}$  PCR produktů k analýze.

1. Přidejte následující v uvedeném pořadí:

PCR produkt (DNA)	10 $\mu\text{L}$
<b>voda</b>	<b>7 <math>\mu\text{L}</math></b>
<b>10x FastDigest Green Buffer</b>	<b>2 <math>\mu\text{L}</math></b>
<b>FastDigest enzym MnlI</b>	<b>1 <math>\mu\text{L}</math></b>
	-----
	20 $\mu\text{L}$

2. Lehce zvortexujte a následně dejte krátce zcentrifugovat.
3. Inkubujte při 37° C v bloku termocyklieru po dobu **10 min.**

## b) Elektroforéza, vyhodnocení

### Elektroforéza

Vysvětlete princip, na němž je založena elektroforéza:

### Příprava gelu

*Gel je nutné připravit před zahájením restrikčního štěpení – musí utuhnout!*

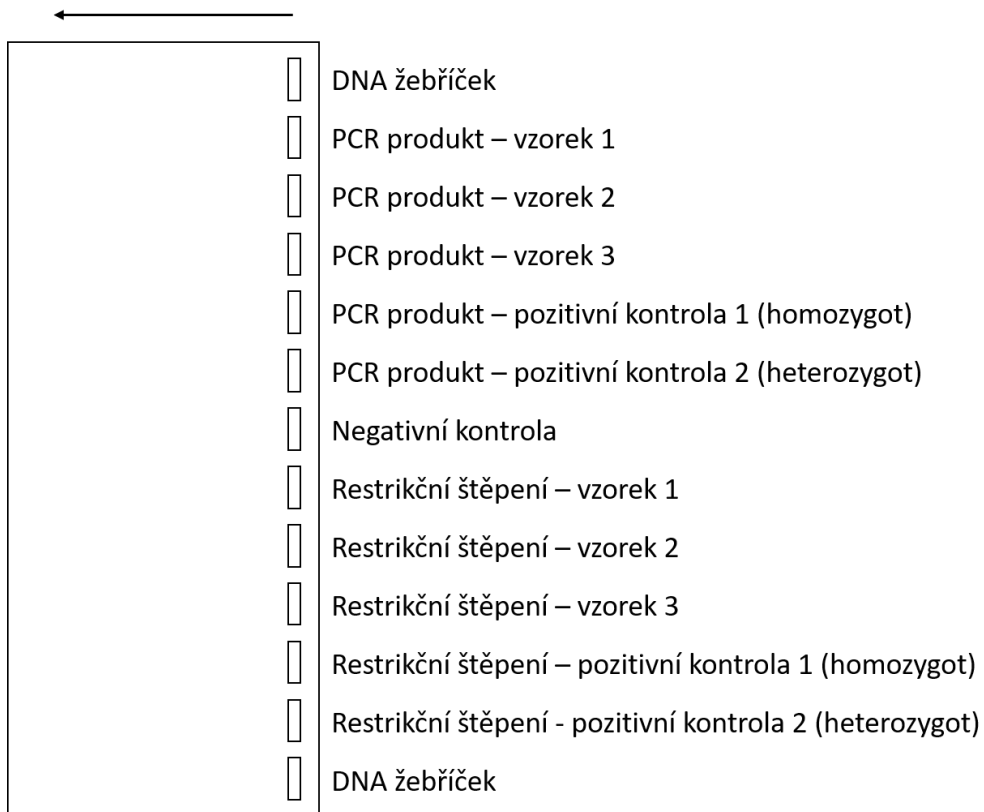
Použijeme 3% agarózový gel v pufru TAE - 1,5 g agarózy rozvaříte v mikrovlnce v 50 ml TAE pufru, po vychlazení asi na 50°C, přidáte 2  $\mu$ l roztoku ethidium bromidu (zásobní roztok - 12,5 g/l, *ethidium bromid v gelu* – 0,5  $\mu$ g/ml), promícháte a nalijete do předem připravené vaničky (opatřená hřebeny a záslepkami po stranách). Po ztuhnutí gelu odstraníte hřebeny a záslepky, vložíte vaničku do elektroforetické vany s TAE pufrem. Takto je gel připravený k pipetování vzorků

### Příprava vzorků

Přidejte po **2  $\mu$ L nanášecí barvičky** do zkumavčiček, kde jsou PCR produkty.

Mikrozkumavky, kde proběhlo restrikční štěpení, už nanášecí barvičku obsahují.

Na gel se bude nanášet vždy **10  $\mu$ L**, pořadí podle obrázku. V jednom gelu je 13 jamek, všechny vzorky se vejdou na jeden gel.

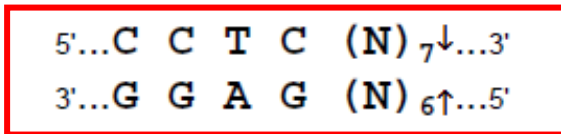


Elektroforézu udržujeme při napětí 85 V cca 45 min (dokud modř nedoputuje do 2/3 gelu). Pak gel prohlédneme pod UV a pořídíme fotografii.

*Sem vložte fotku, překreslete nebo vlepte elektroforeogram*

## Vyhodnocení

V úloze použítá restriční endonukleáza Mnl I. rozpoznává toto restriční místo:



V sekvenci amplifikovaného PCR produktu (část sekvence genu kódujícího koagulační faktor V – normální alela, červeně vyznačena pozice, kde se nachází mutace FV Leiden) vyznačte místa, kde se DNA rozštěpí pomocí restriční endonukleázy Mnl I.

```
1  GGAACAACACCATGATCAGAGCAGTTCAACCAGGGGAAACCTATACTTATAAGTGGAACA
61  TCTTAGAGTTTGATGAACCCACAGAAAATGATGCCAGTGCTTAACAAGACCATACTACA
121 GTGACGTGGACATCATGAGAGACATCGCCTCTGGGCTAATAGGACTACTTCTAATCTGTGA
181 AGAGCAGATCCCTGGACAGGCGA GGAATACAGGTATTTTGTCTTGAAGTAACCTTTTCAG
241 AAATTCTGAGAATTTCTTCTGGCTAGAACATGTTAGGTCTCCTGGCTA
```

Kolik štěpných produktů vznikne při restričním štěpení PCR produktu amplifikovaného z normální alely?
---

V sekvenci amplifikovaného PCR produktu (část sekvence genu kódujícího koagulační faktor V – alela Leiden, červeně vyznačena pozice, kde se nachází mutace FV Leiden) vyznačte místa, kde se DNA rozštěpí pomocí restriční endonukleázy Mnl I.

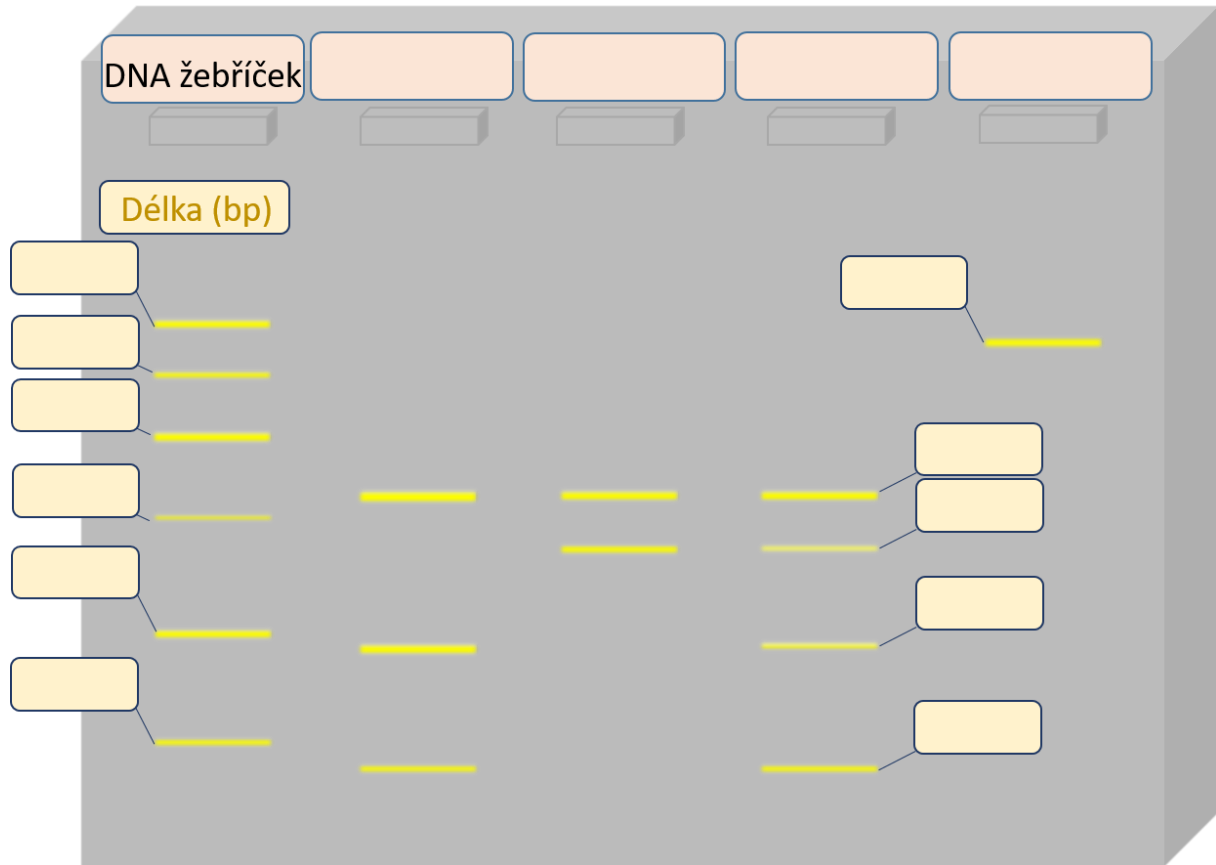
```
1  GGAACAACACCATGATCAGAGCAGTTCAACCAGGGGAAACCTATACTTATAAGTGGAACA
61  TCTTAGAGTTTGATGAACCCACAGAAAATGATGCCAGTGCTTAACAAGACCATACTACA
121 GTGACGTGGACATCATGAGAGACATCGCCTCTGGGCTAATAGGACTACTTCTAATCTGTGA
181 AGAGCAGATCCCTGGACAGGCGA AGAATACAGGTATTTTGTCTTGAAGTAACCTTTTCAG
241 AAATTCTGAGAATTTCTTCTGGCTAGAACATGTTAGGTCTCCTGGCTA
```

Kolik štěpných produktů vznikne při restričním štěpení PCR produktu amplifikovaného alely Leiden?
---

Doplňte následující tabulku:

délka PCR produktu:	<b>bp</b>
restriční štěpení:	
<b>genotyp</b>	<b>délky vzniklých fragmentů (bp)</b>
homozygot wild type:	
faktor V Leiden heterozygot:	
faktor V Leiden homozygot:	

Stejným postupem, jaký jste prováděli v praktiku, byla provedena elektroforéza vzorků uvedených v předchozí tabulce. Doplňte schéma elektroforeogramu. Do horní řádky doplňte popis jednotlivých drah, tj. ve které dráze byl jaký typ vzorku – štěpený/neštěpený PCR produkt, lze-li poznat, jaký genotyp. Do sloupců doplňte, jaké velikosti fragmentu jednotlivé proužky odpovídají, víte-li, že žebříček představuje hodnoty 50, 100, 150, 200, 250 a 300 bp.



Vyhodnořte a interpretujte výsledky:

Závěr:

## Vybrané klinicko-biochemické hodnoty

Obecným výsledkem laboratorního vyšetření je naměřená hodnota, která může být fyziologická, zvýšená či snižená. Abychom zjištěnou hodnotu mohli takto zařadit, je třeba ji porovnat s fyziologickým (referenčním) rozmezím hodnot. Referenční rozmezí získáme měřením referenční (zdravé) populace. Získané hodnoty seřadíme vzestupně a určitý podíl (nejčastěji 2,5 %) krajních nejnižších a nejvyšších hodnot vyřadíme. Nejnižší a nejvyšší hodnotu, která v této řadě zůstane, označujeme jako dolní respektive horní referenční mez. 95 % zdravých lidí v tomto případě spadá do referenčního rozmezí. Existuje tedy ale také 5 % zdravých lidí, jejichž hodnoty nebudou spadat do referenčního rozmezí fyziologických hodnot. Nicméně výrazné odchylky bývají téměř vždy spojené s patologickým stavem. U některých látek jsou patologické stavy spojené s jakýmkoli výraznějším vybočením z fyziologického rozmezí (glukóza). Jiné látky představují riziko pouze tehdy, pokud jejich hladina přesáhne určitou mez nebo pod ni naopak poklesne – u takové látky stačí znát pouze horní respektive spodní referenční hodnotu (cholesterol).

Referenční populace, laboratorní činidla či metodiky měření, se mohou mezi jednotlivými laboratořemi do určité míry lišit. Z tohoto důvodu jsou různými laboratořemi používány poněkud odlišné referenční hodnoty. Následující seznam má za úkol seznámit studenty s nejdůležitějšími referenčními hodnotami, tak jak je v současnosti používá FN Plzeň. Některá referenční rozmezí přihlížejí i například k věku pacienta či k jeho pohlaví. V takových případech jsme se snažili pro potřeby výuky rozmezí zjednodušit, aby poskytovalo alespoň obecnou představu o průměrných hodnotách u zdravých dospělých jedinců.

Stejné metabolity se mohou v různých tělních tekutinách vyskytovat v odlišné koncentraci. Proto je zvykem u metabolitu označit zkratkou i vyšetřovaný materiál. Pro koncentrace některých látek v konkrétní tělní tekutině je zvykem používat speciální název. Například glykémie se týká glukózy v krvi, glykorrhachie v mozkomíšním moku a glykosurie glukózy v moči. Při snížení hladiny glukózy v krvi pod fyziologickou mez pak mluvíme o hypoglykémii, při jejím vzestupu o hyperglykémii.

*Např.:*

*B<sub>glukóza</sub>: (B= blood) - glukóza v plné krvi*

*S<sub>glukóza</sub>: (S= serum) - glukóza v séru*

*P<sub>glukóza</sub>: (P= plasma) - glukóza v plazmě*

*Csf<sub>glukóza</sub>: (Csf= cerebrospinal fluid) - glukóza v mozkomíšním moku*

*U<sub>glukóza</sub>: (U= urine) - glukóza v moči*

Referenční hodnoty k zapamatování	
Parametr	Fyziologické rozmezí
<b>ABR (arteriální krev)</b>	
pH	7,36 - 7,44
pCO <sub>2</sub>	4,8 - 5,8 kPa
pO <sub>2</sub>	nad 9,6 kPa
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	22 - 26 mmol/l
Base Excess (BE)	± 2,5 mmol/l
Anion Gap (AG)	14 - 18 mmol/l
<b>Krev</b>	
Osmolalita	275 - 295 mmol/kg H <sub>2</sub> O
Na <sup>+</sup>	136 - 144 mmol/l
K <sup>+</sup>	3,8 - 5,2 mmol/l
Vápník celkový	2,2 - 2,6 mmol/l
Vápník ionizovaný	1,1 - 1,3 mmol/l
Hořčík	0,7 - 0,9 mmol/l
Chloridy	98 - 109 mmol/l
Fosfor anorganický	0,7 - 1,6 mmol/l
Železo	6 - 35 μmol/l
Laktát	do 2,2 mmol/l
S/P_glukóza	3,6 - 5,6 mmol/l
Glykovaný hemoglobin (HbA1c)	20 - 42 mmol/mol
<b>oGTT interpretace</b>	
Normální glukózová tolerance, vyloučení DM	do 7,8 mmol/l
Porušená glukózová tolerance	7,8 - 11,0 mmol/l
Diabetes mellitus	nad 11,1 mmol/l



Bilirubin celkový	do 25 $\mu\text{mol/l}$
Bilirubin konjugovaný	do 8 $\mu\text{mol/l}$
Cholesterol celkový	do 5 mmol/l
Triacylglyceroly	do 1,7 mmol/l
LDL cholesterol	do 3 mmol/l
HDL cholesterol	♂ nad 1 mmol/l ♀ nad 1,2 mmol/l
Močovina	3 - 8 mmol/l
Kyselina močová	♂ 210 - 450 $\mu\text{mol/l}$ ♀ 140 - 360 $\mu\text{mol/l}$
Kreatinin	♂ 60 - 100 $\mu\text{mol/l}$ ♀ 50 - 90 $\mu\text{mol/l}$
B_Amoniak	do 50 $\mu\text{mol/l}$
Alfa-amyláza (AMS)	do 2,0 $\mu\text{kat/l}$
Aspartátaminotransferáza (AST)	do 0,8 $\mu\text{kat/l}$
Alaninaminotransferáza (ALT)	do 0,8 $\mu\text{kat/l}$
Alkalická fosfatáza (ALP)	0,7 - 2,2 $\mu\text{kat/l}$
Laktátdehydrogenáza (LD)	do 4,0 $\mu\text{kat/l}$
Gama-glutamyltransferáza (GGT)	♂ do 1,2 $\mu\text{kat/l}$ ♀ do 0,7 $\mu\text{kat/l}$
C-reaktivní protein (CRP)	do 5 mg/l
Celková bílkovina séra	63 - 80 g/l
Albumin	37 - 52 g/l
<b>Elfo frakce bílkovin séra</b>	
Albumin	0,530 (53%) - 0,650 (65%)
Alfa <sub>1</sub> globulin	0,020 (2%) - 0,040 (4%)
Alfa <sub>2</sub> globulin	0,080 (8%) - 0,130 (13%)
Beta globulin	0,090 (9%) - 0,160 (16%)
Gama globulin	0,115 (11,5%) - 0,19 (19%)

<b>Mozkomíšní mok</b>	
Bílkoviny	do 0,5 g/l
Glukóza	2,7 - 4,5 mmol/l
Laktát	1,2 - 2,2 mmol/l
<b>Moč</b>	
Specifická hmotnost	1010 - 1030 g/dm <sup>3</sup>
pH	4,5 - 8
Alfa-amyláza (AMS)	do 8,0 $\mu$ kat/l
Clearance kreatininu	1,6 - 2,7 ml/s