**PŘIJÍMACÍ ODBORNÝ TEST (včetně řešení)**

Název programu: Aplikovaná fyzika
Typ studia: Navazující
Specializace: Biofyzika – 7BFN
Akademický rok: 2020/2021
Termín přijímací zkoušky: 9.6. 2020

## Obecná a moderní fyzika

**1. Napište vzorec pro výpočet magnetické složky Lorentzovy síly (síla působící na náboj v elektromagnetickém poli) a popište jednotlivé symboly.**

$\overrightarrow{F_{mag}} = q\vec{v} \times \vec{B}$; $\overrightarrow{F_{mag}}$ - *magnetická síla,* $q$ *– velikost náboje,* $\vec{v}$ *– rychlost,* $\vec{B}$ *– magnetická indukce.*

**2. Popište nebo nakreslete princip kapilární deprese.**

*Pokud je interakce (síla) mezi molekulami kapaliny a stěnou kapiláry slabší než interakce mezi molekulami v kapalině, kapalina „nesmáčí" kapiláru a její hladina v kapiláře je níže, než okolo.*

**3. Složením dvou lineárně polarizovaných světel šířících se stejným směrem, jejichž vektory elektrické intenzity jsou na sebe kolmé a kmitají s fázovým posunem π/2 vznikne světlo… (doplňte)**

*Kruhově polarizované.*

**4. Máte zadánu energii elektromagnetické záření ve vakuu v elektronvoltech (eV), jak spočítáte jeho vlnovou délku v nanometrech (nm)? (pište obecně, nebo pro konkrétní hodnotu 10 eV)**

*Elektronvolt na joule J = eV*1.602*10$^{-19}$. Energie na vlnovou délku* $E = \frac{hc}{\lambda}, \lambda = \frac{hc}{E}$. *Vlnová délka v nm - λ*10$^{9}$. Konkrétní případ* $\frac{6.626*10^{-34}*3*10^{8}}{10*1.602*10^{-19}} * 10^{9} = 124nm.$

**5. K jakým změnám v atomovém jádře dochází při $\beta^+$ přeměně?**

*Proton se změní na neutron. (Zároveň se vyzáří pozitron a elektronové neutrino).*

**6. Napište tvar nečasové (stacionární) Schrödingerovy rovnice pro jednu částici v potenciálu V(x), pohybující se po ose x.**

$\left(\frac{-\hbar^2}{2M}\frac{d^2}{dx^2} + V(x)\right)\psi(x) = E\psi(x)$ *případně obecně* $\left(\frac{-\hbar^2}{2M}\Delta + V\right)\psi = E\psi$

**7. Napište tři požadavky, které klademe na vlnovou funkci v kvantové mechanice.**

*Např.: 1. konečná, 2. jednoznačná, 3. kvadraticky integrabilní, 4. spojitá, 5. při konečných změnách potenciálu má spojité parciální derivace…*

**8. Popište, nebo nakreslete Youngův dvojštěrbinový experiment.**

*Vlna monochromatického záření dopadá na dvě štěrbiny, které jsou blízko u sebe. Při průchodu štěrbinami se rozdělí na dvě vlny, které kmitají ve fázi. Vzniklé vlny spolu interagují a na stínítku vzniká interferenční obrazec.*

**Experimentální metody biofyziky**

**9. Vyjmenujte mechanické a optické části světelného mikroskopu.**

*Mechanické části: stativ, tubus, revolverové zařízení (revolverový nosič objektivů), křížový stolek s pérovými svorkami, makro- a mikrometrický šroub*
*Optické části: okulár, objektiv, kondenzor, osvětlovací soustava, soustava clon*

**10. Vysvětlete a definujte rozlišovací schopnost pro optickou soustavu světelného mikroskopu.**

*Rozlišovací schopnost: poměr numerické apertury a vlnové délky použitého světla; vyjadřuje minimální vzdálenost dvou objektů tak, aby byly vnímány jako dva jednotlivé objekty*

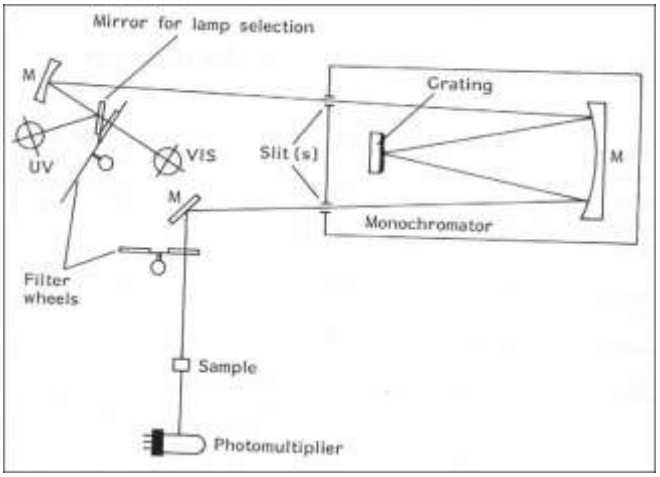
**11. Jaké jsou postupy při přípravě preparátů pro transmisní elektronovou mikroskopii.**

*Kontrastování (implantace sloučenin těžkých kovů), pokovení povrchu preparátu, příprava otisků, mrazové lámání a leptání, příprava ultratenkých řezů (fixace, odvodňování, zalévání do média)*

**12. Vysvětlete použití Bürkerovy počítací komůrky v mikroskopii.**

*Bürkerova počítací komůrka slouží ke stanovení množství struktur v objemu kapaliny. Je to silné podložní sklo s destičkou obsahující vyrytou síť čtverců a obdélníků, nad sítí je zajištěn prostor o výšce 0,1 mm pro kapalné prostředí.*

**13. Znázorněte schéma jednopaprskového UV-VIS spektrofotometru.**



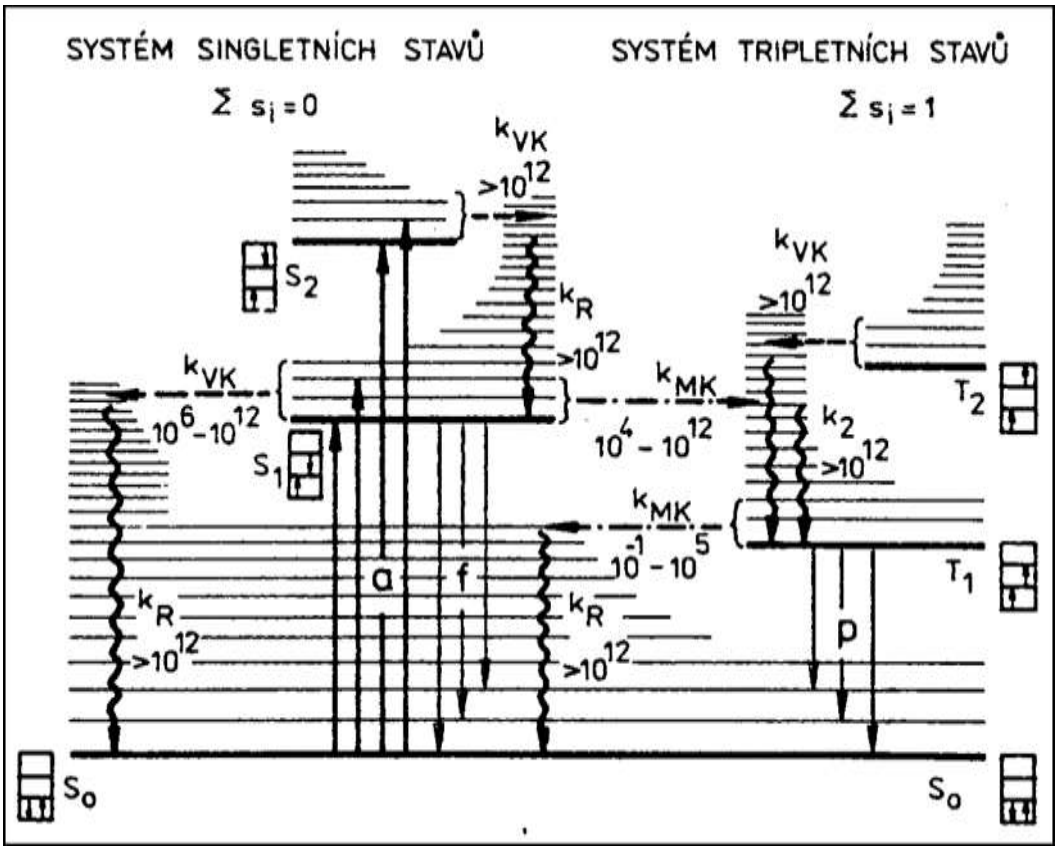

*Schematické znázornění uspořádání jednopaprskového spektrofotometru: M - zrcadlo, UV - zdroj UV záření, VIS - zdroj viditelného záření, Mirror for lamp selection - zrcadlo pro výběr*

*UV či VIS záření, Slit(s) - štěrbiny, Grating - mřížka, Monochromator - monochromátor, Filter wheels - kolo s filtry, Sample - vzorek, Photomultiplier - fotonásobič.*

**14. K čemu slouží tzv. kalibrační křivka při použití absorpční spektroskopie?**

*Kalibrační křivka (přímka) vyjadřuje závislost absorbance na koncentraci látky v roztoku, kterým prochází monochromatické záření. Metoda kalibrační křivky slouží ke kvantitativnímu hodnocení vzorku = k určení neznámé koncentrace látky ve vzorku. Funkčnost metody je založena na platnosti Lambert-Beerova zákona, ze kterého plyne, že závislost absorbance na koncentraci je lineární.*
*Poté můžeme změřit hodnotu absorbance pro roztok stejné sledované látky o neznámé koncentraci a pomocí kalibrační křivky (nebo Lambert - Beerova zákona) stanovit její koncentraci.*

**15. Znázorněte Jablonského schéma a vyznačte zářivé a nezářivé přechody.**




*a) Zářivé přechody (luminiscence – fluorescence (f), fosforescence (p), absorpce (a)).*
*b) Nezářivé přechody - izoenergetické (vnitřní konverze ($k_{VK}$) a mezisystémová konverze ($k_{MK}$)) a se změnou energie (vibrační relaxace ($k_R$)).*

**16. Co je to kvantový výtěžek luminiscence?**

*Kvantový výtěžek luminiscence $\Phi_L = N_L/N_a$ – poměr počtu fotonů emitovaných při luminiscenci ($N_L$) ku počtu absorbovaných fotonů ($N_a$).*

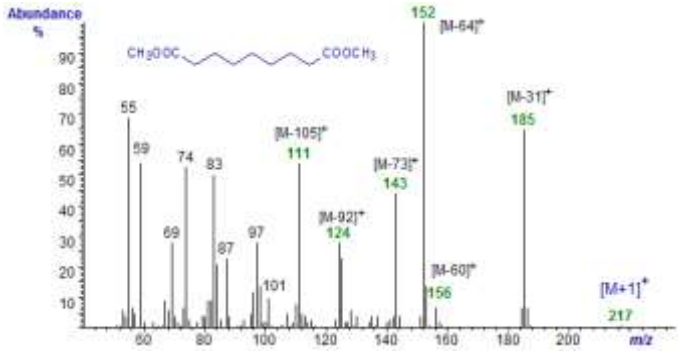
**17. Jaké je základní třídění luminiscence podle typu excitační energie?**

*a) fotoluminiscence - excitační záření (nejčastější)*
*b) chemiluminiscence - exoergická reakce*
*c) bioluminiscence - biochemická reakce v živém organismu (vlastní zdroj energie je stejný jako b) - liší se typem vzorku)*
*d) termoluminiscence - termické pohyby*
*e) triboluminiscence - elektrické jevy*
*f) mechanoluminiscence - mechanické působení*

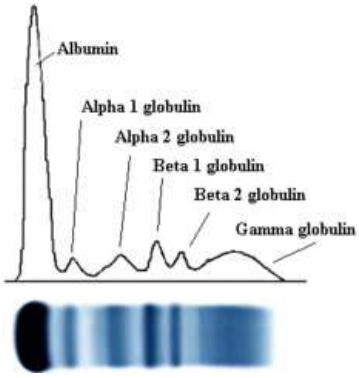
**18. Jak je definován retardační faktor ($R_f$ ) u tenkovrstevné chromatografie (TLC)?**

*Jde o podíl vzdálenosti (a), kterou urazí složka vzorku od místa jeho nanesení na tenkou vrstvu (start) a vzdálenosti (b), kterou urazí fáze mobilní (čelo rozpouštědla).*
$R_f = a/b$

**19. Na obrázcích jsou znázorněny dva typy závislostí, každé přiřaďte konkrétní analytickou nebo separační techniku a popište, o závislost jakých dvou veličin se jedná (v případě A i B).**




A.




B.

A. *Hmotnostní spektrometrie – hmotnostní spektrum (závislost četnosti na podílu hmotnosti a náboje iontu)*
B. *Elektroforéza – denzitogram (závislost denzity „bandu“ na jeho elektroforetické pohyblivosti)*

**20. Vyjmenujte hlavní součásti HPLC aparatury a stručně popište jejich funkci.**

*Autosampler a zařízení pro dávkování vzorku, vysokotlaká čerpadla nebo pumpy – zajišťují transport mobilní fáze kolonou, chromatografická kolona (+ termostat) – probíhá zde vlastní separace látek (termostatování), detektor – detekce některé fyzikálně-chemické vlastnosti analytu, sběrač frakcí – sběr separovaných látek po průchodu kolonou a detektorem.*

**Struktura a funkce biologických systémů**

**21. Jaká fyzikálně-chemická vlastnost lipidů membrán určuje způsob samovolného uspořádání molekul lipidů ve vodném prostředí? Jaký způsob samovolného uspořádání lipidů převládá v biologických membránách?**

*Část molekuly lipidů je polární (tzv. hlava lipidu, která většinou obsahuje kostru alkoholu – glycerolu – zbytek kyseliny fosforečné, funkční skupiny – aminokyseliny a jejich deriváty, cukry, apod.) a druhá část nepolární (tzv. ocas lipidu, obsahující většinou řetězce mastných kyselin). Této vlastnosti se říká amfifilita. O uspořádání lipidů do dvojvrstvy, micel, respektive inverzních micel rozhoduje poměr velikosti polární a nepolární části molekuly. V biologických membránách převládá uspořádání lipidů do dvojvrstvy.*

**22. Membrány, kterých organel jsou mateřskou strukturou pro všechny membrány organel sekrece. Membrány, kterých organel nepatří do této skupiny (organely sekrece) a proč?**

*Mateřskou strukturou pro všechny membrány organel sekrece jsou membrány endoplasmatického retikula. Do této skupiny patří membrány všech organel eukaryotických buněk včetně plasmatické membrány, kromě membrán mitochondrií, respektive chloroplastů u rostlinných tkání. Příčinou je, že mitochondrie i chloroplasty mají endosymbiotický původ (vznikly inkorporací baktérie do primitivní eukaryotické buňky).*

**23. Jaký je základní rozdíl mezi pasivním a aktivním transportem látek přes biologickou membránu?**

*Pasivní transport látek probíhá vždy po spádu koncentračního gradientu (gradientu elektrochemického potenciálu) potenciálu dané látky a nevyžaduje dodání energie. Aktivní transport probíhá proti koncentračnímu gradientu (gradientu elektrochemického potenciálu) dané látky a vyžaduje dodání energie.*

**24. Jaká je struktura (podjednotky) světlosběrných komplexů fotosystému I a II u vyšších rostlin?**

*Fotosystém II obsahuje*
*a) vnější (majoritní) světlosběrné komplexy, které se vyskytují ve formě heterogenních trimerů s podjednotkami Lhcb1, Lhcb2 a Lhcb3*
*b) vnitřní (minoritní) světlosběrné komplexy v monomerní formě – Lhcb4 (CP29), Lhcb5 (CP26) a Lhcb6 (CP24)*
*c) antény jádra – psbB (CP47) a psbC (CP43)*
*Fotosystém I obsahuje*
*a) vnější světlosběrné komplexy – 4 podjednotky tvořící dimery (Lhca1/4 a Lhca2/3)*
*b) anténa jádra – heterodimer tvořený proteiny PsaA a PsaB*

**25. Které mobilní přenašeče elektronů účastnící se necyklického transportu elektronů v primárních reakcích fotosyntézy znáte? Kde jsou lokalizovány?**

*a) plastochinon - zajišťuje transport elektronů mezi PSII a komplexem cyt b6/f*
*b) plastocyanin - přenáší elektrony na lumenální straně tylakoidní membrány mezi komplexem cyt b6/f a fotosystémem I*
*c) ferredoxin – redukuje $NADP^+$ na stromální straně fotosystému I*

**PŘIJÍMACÍ ODBORNÝ TEST (včetně řešení)**

Název programu: Aplikovaná fyzika
Typ studia: Navazující
Specializace: Biofyzika – 7BFN
Akademický rok: 2020/2021
Termín přijímací zkoušky: 27. 8. 2020

**Obecná a moderní fyzika**

**1. Napište Ampérův zákon ve vakuu v integrálním tvaru a popište jednotlivé symboly.**

$\oint_C \boldsymbol{B}d\boldsymbol{l} = \mu_0 I_t$; $\boldsymbol{B}$ – *magnetická indukce, d***l** *– infinitezimální element uzavřené křivky C,*
$\mu_0$ *– permeabilita vakua,* $I_t$ *– celkový proud protékající plochou ohraničenou křivkou C.*

**2. Popište nebo nakreslete princip kapilární elevace.**

*Pokud je interakce (síla) mezi molekulami kapaliny a stěnou kapiláry větší než interakce mezi molekulami v kapalině, kapalina „smáčí" kapiláru a její hladina v kapiláře je výše, než okolo.*

**3. Světlo s jakou polarizací vznikne složením dvou lineárně polarizovaných světel šířících se stejným směrem, jejichž vektory elektrické intenzity jsou na sebe kolmé a kmitají se stejnou fází?**

*Lineárně polarizované světlo.*

**4. Spočítejte frekvenci elektromagnetického záření o energii 0,1 eV.**

*Elektronvolt na joule J = eV*1,602*10*$^{-19}$. *Energie na frekvenci* $E = h\nu; \nu = \frac{E}{h}$
$\frac{0{,}1*1.602*10^{-19}}{6.626*10^{-34}} = 24{,}18THz.$

**5. K jakým změnám v atomovém jádře dochází při β$^-$ přeměně?**

*Neutron se změní na proton. (Zároveň se vyzáří elektron a elektronové antineutrino).*

**6. Napište tvar nečasové (stacionární) Schrödingerovy rovnice pro jednu částici v potenciálu V?**

$\left(\frac{-\hbar^2}{2M}\Delta + V\right)\psi = E\psi$ ; M – *hmotnost částice,* Δ – *Laplaceův operátor,* Ψ – *vlnová funkce.*

**7. Napište tři požadavky, které klademe na vlnovou funkci v kvantové mechanice?**

*Např.: 1. konečná, 2. jednoznačná, 3. kvadraticky integrabilní, 4. spojitá, 5. při konečných změnách potenciálu má spojité parciální derivace…*

**8. Kdy dochází k takzvanému totálnímu odrazu v souvislosti se Snellovým zákonem lomu?**

*Paprsek jde z opticky hustšího do opticky řidšího prostředí (lom od kolmice) a úhel lomu je větší než 90°. Úhel dopadu je větší než mezní úhel (mezní úhel - úhel dopadu, kdy je úhel lomu přesně 90°).*

**Experimentální metody biofyziky**

**9. Vyjmenujte mechanické a optické části světelného mikroskopu.**

*Mechanické části: stativ, tubus, revolverové zařízení (revolverový nosič objektivů), křížový stolek s pérovými svorkami, makro- a mikrometrický šroub*
*Optické části: okulár, objektiv, kondenzor, osvětlovací soustava, soustava clon*

**10. Jaký je princip metody fázového kontrastu v mikroskopii?**

*Metoda slouží k zvýraznění kontrastu objektů, u kterých se detaily od okolí absorpcí neliší, ale způsobují změnu fáze procházejícího světelného vlnění (díky různému indexu lomu). Metoda převádí rozdíly v posunu fáze světla procházejícího různými částmi objektu, které nevidíme, na rozdíly intenzit, které pozorovat můžeme.*

**11. Jaké znáte typy interakce elektronů s látkou v elektronové mikroskopii.**

*Průchod elektronů, odraz elektronů, emise sekundárních elektronů, absorpce elektronů, emise Augerových elektronů, emise Rtg záření, vznik luminiscenčního záření.*

**12. Vysvětlete použití Bürkerovy počítací komůrky v mikroskopii.**

*Bürkerova počítací komůrka slouží ke stanovení množství struktur v objemu kapaliny. Je to silné podložní sklo s destičkou obsahující vyrytou síť čtverců a obdélníků, nad sítí je zajištěn prostor o výšce 0,1 mm pro kapalné prostředí.*

**13. Co vyjadřuje Lambert-Beerův zákon?**

*Lambert-Beerův zákon je matematické vyjádření závislosti absorpce elektromagnetického záření na vlastnostech látky, kterou záření prochází a platí pouze pro monochromatické záření. Lambert-Beerův zákon se dá vyjádřit v různých podobách, např. v exponenciální podobě:*
$I(\lambda) = I_0(\lambda)\ 10^{-\varepsilon(\lambda)cx}$, *kde c = molární koncentrace* $[mol.l^{-1} = M]$, $\varepsilon$ *= molární absorpční (extinkční) koeficient* $[l.mol^{-1}.cm^{-1} = M^{-1}cm^{-1}]$, *x = optická dráha, kterou záření v látce urazí [cm],* $I_0(\lambda)$ *= intenzita dopadajícího záření,* $I(\lambda)$ *= intenzita prošlého záření.*

*Pro vyjádření závislosti absorpce záření na koncentraci absorbující látky je vhodné vztah logaritmovat, z exponenciální závislosti se stane lineární. Byly zavedeny bezrozměrné veličiny absorbance (A) a transmitance (T):*
*$A = -\log I(\lambda)/I_0(\lambda) = -\log T = \varepsilon(\lambda)cx$. Absorbance (A) může nabýt hodnoty (0, nekonečno). Transmitance (T) se udává v procentech (0, 100%).*

**14. K čemu slouží tzv. kalibrační křivka při použití absorpční spektroskopie?**

*Kalibrační křivka (přímka) vyjadřuje závislost absorbance na koncentraci látky v roztoku, kterým prochází monochromatické záření. Metoda kalibrační křivky slouží ke kvantitativnímu hodnocení vzorku = k určení neznámé koncentrace látky ve vzorku. Funkčnost metody je založena na platnosti Lambert-Beerova zákona, ze kterého plyne, že závislost absorbance na koncentraci je lineární.*
*Poté můžeme změřit hodnotu absorbance pro roztok stejné sledované látky o neznámé koncentraci a pomocí kalibrační křivky (nebo Lambert - Beerova zákona) stanovit její koncentraci.*

**15. Vyjmenujte zářivé a nezářivé deexcitační procesy (přechody).**

*a) zářivé přechody (luminiscence - fluorescence, fosforescence, zpožděná fluorescence)*
*b) nezářivé přechody - izoenergetické (vnitřní konverze a mezisystémová konverze) a se změnou energie (vibrační relaxace).*

**16. Co je to kvantový výtěžek luminiscence?**

*Kvantový výtěžek luminiscence $\Phi_L = N_L/N_a$ – poměr počtu fotonů emitovaných při luminiscenci ($N_L$) ku počtu absorbovaných fotonů ($N_a$).*

**17. Co jsou to výbojky, jak fungují a jaká mohou mít spektra?**

*Výbojka = trubice z opticky transparentního materiálu naplněná plynem, do kterého jsou zavedeny elektrody, přiloží se napětí, to vyvolá tok elektronů a kationtů molekul plynu mezi elektrodami a vzniká výboj. Srážky elektronů s molekulami plynu vyvolají nové ionizace a elektronové excitace molekul, následná zářivé relaxace je podstata záření výbojek.*
*Spektrum výbojek: a) čáry = zářivé přechody mezi stacionárními stavy molekul plynu nebo par kovu v náplni, b) spojitá část = např. relaxace excimerových (excitované dimery) nebo nevazebných excitovaných stavů.*

**18. V čem spočívá separace směsi s využitím gradientu sacharózy?**

*Centrifugační technika využívající rozdílné hustoty částic ve vzorku, ty se během centrifugace v hustotním gradientu vhodného média (např. sacharózy) separují do oblasti v níž se shoduje jejich hustota s hustotou média. Gradient může být kontinuální nebo diskontinuální.*

**19. Uveďte, jaký separační princip se uplatňuje u (bio)afinitní chromatografie.**

*Uplatňuje se schopnost selektivní a reversibilní interakce mezi dvěma biologicky aktivními látkami (např. antigen-protilátka, hormon-receptor atd.). Separovaná látka specificky rozpozná jinou molekulu [(bio)ligand] a adsorbuje se na něj (uplatňují se kovalentní interakce) za vzniku komplexu separovaná molekula-ligand.*

**20. Vyjmenujte hlavní součásti aparatury vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC) a stručně popište jejich funkci.**

*Autosampler a zařízení pro dávkování vzorku, vysokotlaká čerpadla nebo pumpy – zajišťují transport mobilní fáze kolonou, chromatografická kolona (+ termostat) – probíhá zde vlastní separace látek (termostatování), detektor – detekce některé fyzikálně-chemické vlastnosti analytu, sběrač frakcí – sběr separovaných látek po průchodu kolonou a detektorem.*

**Struktura a funkce biologických systémů**

**21. Které typy/třídy lipidů jsou obvyklými složkami biologických membrán? Který, ve tkáních hojný typ lipidů se naopak nevyskytuje v biologických membránách?**

*Obvyklou složkou membrán (organel sekrece) jsou glycerofosfolipidy (diacylglyceroly), sfingolipidy a cholesterol a jeho deriváty (sterolové lipidy). V biologických membránách se nevyskytují triacylglyceroly (neutrální lipidy), které jsou hlavní složkou tukové tkáně.*

**22. Vysvětlete pojem post-translační a ko-translační zakotvení proteinu do biologické membrány.**

*Post-translační zakotvení proteinu znamená, že nejdříve se ukončí syntéza proteinu (na volných ribozomech) a teprve potom dojde k zabudování proteinu do membrány. Naopak ko-translační zakotvení znamená, že k zakotvení proteinu dochází již během jeho syntézy.*

**23. Jaký je základní rozdíl mezi pasivním a aktivním transportem látek přes biologickou membránu?**

*Pasivní transport látek probíhá vždy po spádu koncentračního gradientu (gradientu elektrochemického potenciálu) potenciálu dané látky a nevyžaduje dodání energie. Aktivní transport probíhá proti koncentračnímu gradientu (gradientu elektrochemického potenciálu) dané látky a vyžaduje dodání energie.*

**24. Jaká je struktura (podjednotky) světlosběrných komplexů fotosystému I a II u vyšších rostlin?**

*Fotosystém II obsahuje*

*a) vnější (majoritní) světlosběrné komplexy, které se vyskytují ve formě heterogenních trimerů s podjednotkami Lhcb1, Lhcb2 a Lhcb3*
*b) vnitřní (minoritní) světlosběrné komplexy v monomerní formě – Lhcb4 (CP29), Lhcb5 (CP26) a Lhcb6 (CP24)*
*c) antény jádra – psbB (CP47) a psbC (CP43)*
*Fotosystém I obsahuje*
*a) vnější světlosběrné komplexy – 4 podjednotky tvořící dimery (Lhca1/4 a Lhca2/3)*
*b) anténa jádra – heterodimer tvořený proteiny PsaA a PsaB*

**25. Popište strukturu ATPázy v tylakoidní membráně a uveďte, kde dochází k syntéze ATP.**

*ATPáza je tvořena multijednotkami $CF_o$ a $CF_1$. $CF_o$ se skládá ze čtyř různých podjednotek (I, II, III, IV) a je zabudována v tylakoidní membráně. $CF_1$ vyčnívá do stromatu a je tvořena pěti různými podjednotkami (α, β, γ, δ, ε). α a β podjednotky katalyzují syntézu ATP. Stechiometrie celého komplexu ATPázy: α(3), β(3), γ(1), δ(1), ε(1); I(1), II(1), III (10-14 v závislosti na druhu organismu), IV(1)*