



Веома важна упутства

Првих 30 минута користите ИСКЉУЧИВО за читање задатака.

НЕ СМЕТЕ писати ништа у овом периоду, чак ни на папирима са задацима.

Након 30 минута ћете добити листове за одговоре и сигнал да можете почети писати.

Након тога имате 3 сата за израду задатака.

ПРАВИЛА

1. Морате да седнете на за вас обележено место.
2. Пре почетка израде теста морате проверити сав прибор (хемијска, лењир, дигитрон) који је обезбеђен од стране организатора.
3. Није вам дозвољено да носите било какве ствари осим личних лекова или одобрене медицинске опреме..
4. Морате да проверите приложена питања и лист за одговоре (**answer sheet**). Подигните руку ако недостаје било који лист. Почните са радом када се огласи звоно.
5. Током израде није дозвољено напуштање просторије осим у случају опасности и тада ћетет бити спроведени од стране супервизора или волонтера.
6. Не смете да ометате друге такмичаре. Ако требате помоћ подигните руку и чекајте супервизора.
7. Нема разговора око израде задатака. Морате остати за столом све до краја трајања такмичења, и у случају да тестове раније завршите.
8. На крају теста чућете звоно за крај. Након оглешавања звона моментално престајете са радом. Учионицу напустите тихо. Питања и лист за одговоре морате оставити уредно на вашем столу.



Theory Questions

Time : 3 hrs
Marks : 30

ПРОЧИТАЈТЕ ПАЖЉИВО СЛЕДЕЋА УПУТСТВА

- A. Расположиво време за израду задатака је 3 сата.
- B. Проверите да ли имате комплетан сет задатака и листу за одговоре. Укупан број задатака је 5 (18 страна).
- C. Напишите Ваш ID КОД свакој страни листа за одговоре.
- D. У предвиђено мање поље на папиру упишите Ваш коначан одговор. У предвиђено веће поље на папиру напишите јасно сваки корак решавања задатка.

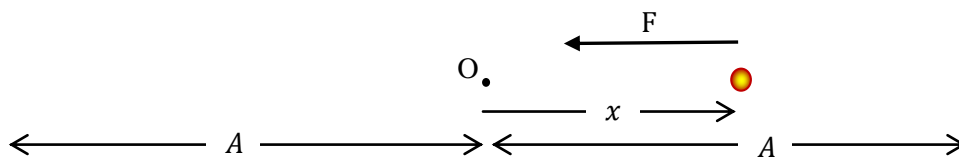
Задатак 1

Осцилације, или периодична кретања, су веома честа у Космосу. Кренућемо од концепта линеарне релативне силе, тј силе F која делује на тело масе m на растојању x од равнотежног положаја, и која је дата изразом

$$F = -kx$$

где је k позитивна константа.

Негативан знак (-) у једначини указује на то да је сила увек усмерена ка равнотежном положају O , у коме је $x = 0$.



Под дејством ове силе тело врши *просте хармонијске осцилације* (ПХО), тј. Осцилује око равнотежног положаја (O) са периодом

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}},$$

и фреквенцијом

$$\nu = \frac{1}{T}$$

Највећа удаљеност од равнотежног положаја (A) се назива *амплитуда* осциловања, као што је приказано на претходној слици.

(a) Посматрајте Месец као хомогену чврсту лопту (сферу) следећих особина

Theory Questions

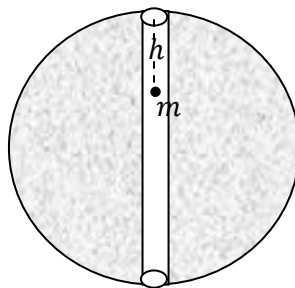
полупречник $R = 1.7 \times 10^6$ m,

маса $M = 7.3 \times 10^{22}$ kg, и

гравитационо убрзање на површини Месеца $g = 1.6$ m s⁻².

Познато је следеће: Ако је маса сферносиметрично распоређена око неког центра, гравитациона сила којом она делује на другу масу на растојању r од центра је последица само масе која се налази унутар сфере полупречника r са истим центром.

Замислите следећу ситуацију. Кроз цео Месец је прокопан прав и узан тунел који пролази кроз његов центар, као што је приказано на слици. Са једног краја је у тунел испуштена мала маса m .



- (i) Интензитет гравитационе силе која делује на тело масе m на дубини h од површине (види слику) износи **[0.5]**

(A) $mg \left(1 - \frac{h}{R}\right)$

(B) $mg \left(1 + \frac{h}{R}\right)$

(C) $mg \frac{h}{R}$

(D) $mg \frac{h}{R-h}$

- (ii) На предвиђеном месту у листу за одговоре нацртајте график зависности $F(r)/mg$ од r/R , где је $F(r)$ сила која делује на масу m на удаљености r од центра Месеца, и када се r мења од 0 до $2R$. **[1.0]**

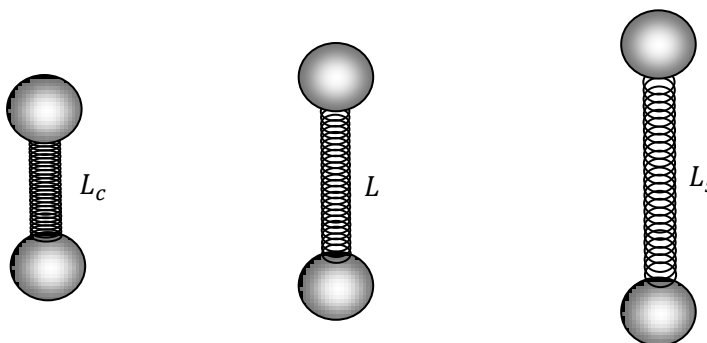
- (iii) Ако је $m = 0.10$ kg, колико је најмање време (у секундама) потребно да протекне од тренутка испуштања масе до њеног проласка кроз центар Месеца? **[1.0]**

- (b) Молекул као што је O_2 састоји се од два једнака атома која се држе међусобно ковалентном везом. Може се узети да овакве молекуле граде две једнаке куглице

Theory Questions

Time : 3 hrs
Marks : 30

маса m које се држе међусобно опругом која на њих делује линеарном реституционом силом чија је константа k . Овај систем маса просто хармонијски осцилације дуж линије која их спаја. Као резултат тога, молекули се периодично мењају од сабијеног стања (када је растојање маса минимално, L_c) до растегнутог стања (када је растојање маса максимално, L_s). Сила је нула када су масе на равнотежном растојању L .



Јасно је да је $L_c < L < L_s$, као што је показано на слици.

- (i) Молекул кисеоника O_2 има константу $k = 1150 \text{ N m}^{-1}$. Равнотежна дужина везе износи $L = 1.5 \times 10^{-10} \text{ m}$, а потпуно истезање мења ову дужину за 6.0% од L . Израчунајте осцилаторну енергију, која је збир кинетичке и потенцијалне енергије, по молу кисеоника (y kJ mol^{-1}). (Авогадров број износи $N_A = 6.023 \times 10^{23}$)

[1.5]

- (ii) Атомске тежине халогених елемената из периодног система износе:

F	Cl	Br	I
19.0	35.5	79.9	126.9

Два халогена елемента, X и Y, граде двоатомске молекуле X_2 и Y_2 са константама $k_X = 325.0 \text{ N m}^{-1}$ и $k_Y = 446.0 \text{ N m}^{-1}$, по реду. Фреквенције њихових осцилација износе $\nu_X = 16.7 \times 10^{12} \text{ Hz}$ и $\nu_Y = 26.8 \times 10^{12} \text{ Hz}$. Препознајте који су халогени елементи X и Y у питању и запишите њихове симболе. Запишите ваш одговор у лист за одговоре у облику $X = \underline{\hspace{2cm}}$, $Y = \underline{\hspace{2cm}}$.

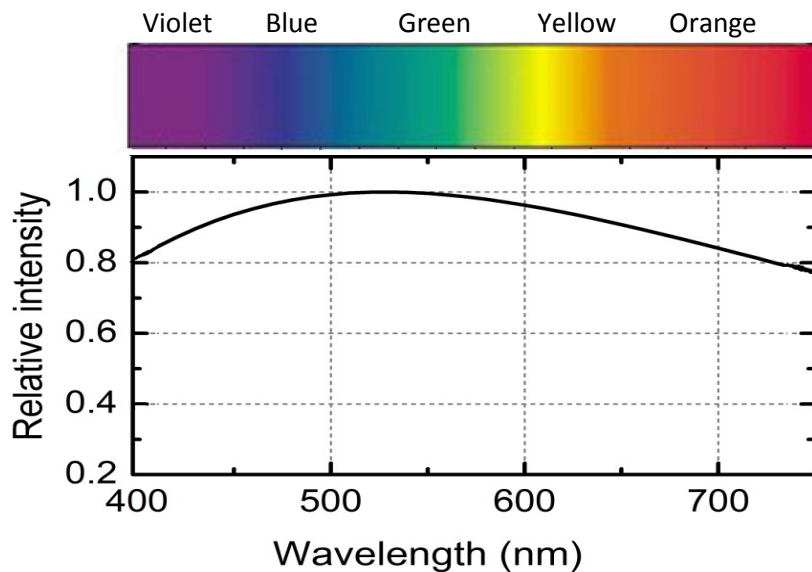
[1.0]

Theory Questions

Time : 3 hrs
Marks : 30

Задатак 2

Сунчева светлост, најважнији извор светлости на Земљи, садржи све таласне дужине видљивог дела спектра, које људско око опажа као различите боје. Међутим, сунчева светлост не садржи све таласне дужине са једнаким интензитетима, као што је приказано на следећој слици. Максимални интензитет одговара плаво-зеленој боји на таласној дужини од око 525 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$).



Превод: Relative intensity- релативни интензитет,, wavelength - таласна дужина.

Наше опажање боја објеката (предмета) је углавном резултат процеса расејања или апсорпције (који зависе од таласне дужине) светлости на датим објектима. Ако објекат расејава/рефлектује назад сунчеве зраке са сасвим истом расподелом интензитета таласних дужина као што је горе приказано, ми дати објекат опажамо као објекат потпуно беле боје. Било које одступање од дате форме интензитета у расејаној/рефлектованој светлости од стране објеката опажа се као његова обојеност.

- (a) Расејање светлости на честицама које су много мање од таласне дужине светлости, на пример на молекулама ваздуха, је независно истраживано у Уједињеном Краљевству (UK) од стране Лорда Релија (Lord Rayleigh), и у Индији од стране Сер С. V. Raman-a. Они су показали да, ако се дефинише *ефикасност расејања* као $\eta_s = I_s/I_i$, где су I_i и I_s редом интензитети упадне и расејане светлости, онда је $\eta_s(\lambda) \propto \lambda^{-4}$, где је λ таласна дужина упадне светлости. Касније је Немачки физичар Gustav Mie показао да је за честице чија је величина упоредива са таласном дужином, η_s обично 40 пута веће и да

Theory Questions

не зависи од таласне дужине λ . Стога, постоји разлика између *Релијевог* расејања које је зависно од таласне дужине, и *Mie-вог* расејања које је независно од таласне дужине.

- (i) Ако сунчеви зраци пролазе кроз транспарентну (провидну) посуду (са зидовима занемарљиве дебљине) испуњену азотом у гасовитом стању, колики ће бити однос интензитета расејане светлости за боје чије су таласне дужине 400 nm и 650 nm, по реду. [1.0]

Опсег видљивости R_v^0 за чист ваздух износи око 300 km за таласну дужину која одговара плаво-зеленој боји. Ипак, ако је ваздух загађен суспендованим честицама (као што су прашина и дим), честице расејавају сунчеве зраке ефикасније него молекули ваздуха и видљивост се знатно смањује. За загађен ваздух опсег видљивости је дат изразом

$$R_v = \frac{R_v^0}{\beta_s}$$

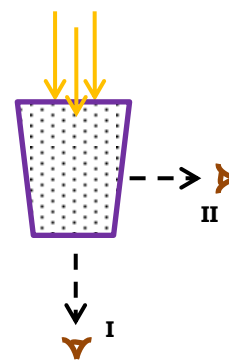
где је β_s фактора губитка услед расејања, који задовољава $\beta_s \propto \eta_s C$, где је C концентрација расејавајућих честица, а η_s ефикасност расејања. Очигледно је да за чист ваздух важи $\beta_s = 1$. Нека након олује честице прашине величине 520 nm доспевају у ваздух тако да им је концентрација у ваздуху 10%. Колики ће тада бити опсег видљивости R_v (у km) за плаво-зелену боју светлости? [1.5]

- (ii) Млеко је *колоидни раствор* у коме су капљице масноће, величине од око 100 nm, суспендоване у води. Ове капљице боље расејавају светлост од молекула воде, због чега је нормално млеко бело а не провидно.

Посматрајте следећи експеримент. Неколико капљица млека је додато у чашу воде која је осветљена са горње стране снопом сунчеве светлости као што је приказано на слици са десне стране. Вода постаје мутна, али одређен број сунчевих зрака ипак пролази кроз воду све док је концентрација млека мала.

Чаша се сада посматра са доње стране (I), и са бочне стране (II), као што је приказано на слици.

Ако упоређујемо са излазном светлошћу виђеном са доње стране (I), излазна светлост виђена са бочне стране (II) биће [0.5]



- (A) плавакаста (B) наранџаста (C) црвенкаста (D) иста

Theory Questions

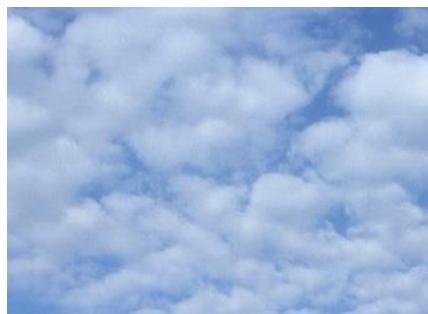
Time : 3 hrs
Marks : 30

- (iii) Која од следећих атмосферских појава (феномена) је углавном одређена Мије-вим расејањем ?

[0.5]



(A) црвени залазак сунца



(B) бели облаци



(C) плаво небо



(D) дуга

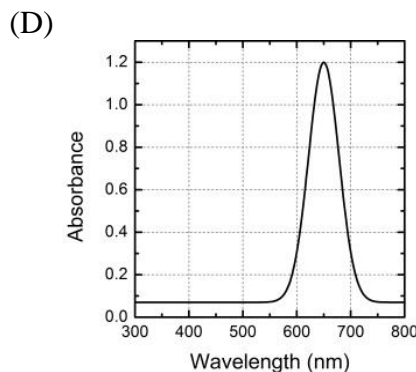
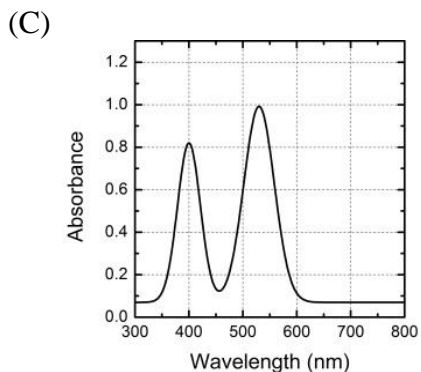
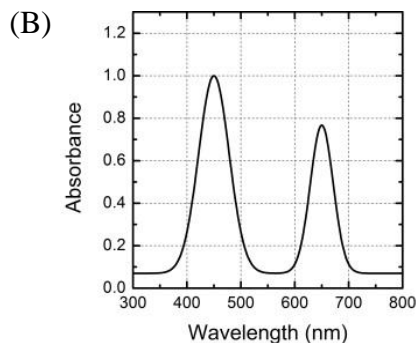
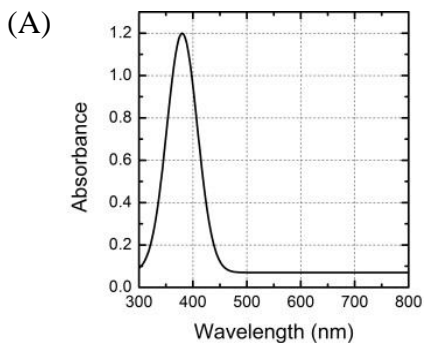
Images taken from:

- (A) <http://bostern.wordpress.com> (B) <http://www.kaneva.com>
(C) <http://lisathatcher.wordpress.com> (D) <http://www.freefoto.com>

Theory Questions

Time : 3 hrs
Marks : 30

- (b) Биљке апсорбују сунчеве зраке и складиште енергију у хемијској облику, комбинујући воду и CO_2 у облику молекула угљених хидрата у сложеном процесу који се назива *фотосинтеза*. Откриће фотосинтезе је дуга и фасцинирајућа прича која потиче из 17-тог века од Холандског физичара Jan van Helmont-а. Одређена пионирска истраживања физиологије фотосинтезе су изведена 1920-те године од стране Индијског научника Sir J. C. Bose-а. Неки детаљи се чак и данас истражују.
- (i) Зелена боја лишћа и изданака биљака је понајвише последица присуства хлорофила, компоненте која је одговорна за фотосинтезу. Који од следећих графика коректно описује апсорпциони спектар хлорофила? [1.0]



Превод: absorbance - апсорпција, wavelength - таласна дужина.

- (ii) Претпоставите да је брзина фотосинтезе пропорционална количини апсорбоване светлости (погледајте горњу слику). Која таласна дужина (у nm) одговара максималној брзини фотосинтезе у зеленим биљкама? [0.5]

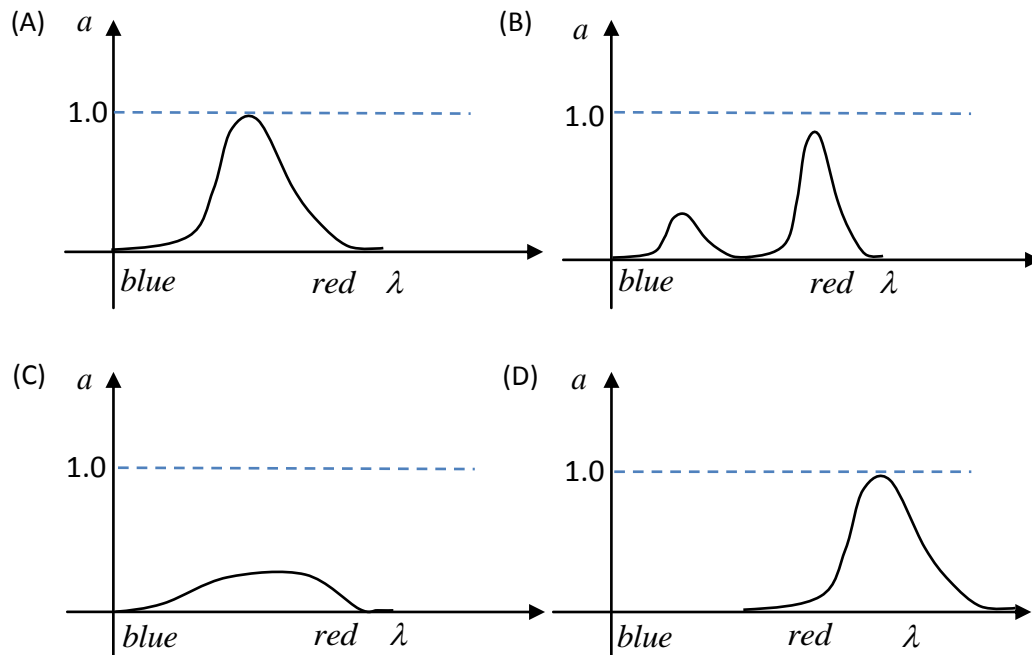
Theory Questions

Time : 3 hrs
Marks : 30

- (iii) Дуго се веровало да су само биљке способне да апсорбују соларну енергију и претварају је у употребљив облик. Открићем соларних ћелија добијен је уређај који слично фотосинтези код биљака, претвара светлосну у електричну енергију.

Следећа четири графика приказују карактеристични апсорпциони (a) спектар четири различита материјала који потенцијално могу да се искористе за соларне ћелије. Ако су дате ћелије предвиђене да раде на Сунчевој светлости, који материјал има највећу ефикасност у претварању светлосне у електричну енергију ?

[1.0]



Задатак 3

3. Одржавање одговарајуће вредности рН у крви и унутарћелијским течностима је веома важно за живе организме. То је првенствено тако јер функционисање ензима који катализују процесе зависи од рН, па мале промене вредности рН могу довести до озбиљних болести. рН вредност човекове крвне плазме је 7.4. Присуство CO_3^{2-} , HCO_3^- и CO_2 у телесним флуидима помаже у стабилизацији рН крви упркос довођењу или одвођењу H^+ јона због других биохемијских реакција у телу.

(a) Дисоцијација H_2CO_3 у крви одвија се у две фазе (корака). Напишите испод изједначене равнотежне хемијске једначине ова два корака.

[0.5]

(b) Нека су константе равнотеже ових реакција K_1 и K_2 , по реду. Вредности ових константи на телесној температури 37°C су : $K_1 = 2.2 \times 10^{-4}$ и $K_2 = 4.8 \times 10^{-11}$.

(i) Израчунајте концентрацију H^+ јона у раствору на 37°C , а затим његову рН вредност, ако су H_2CO_3 и HCO_3^- присутни у том раствору у једнаким концентрацијама у mol/l.

[0.5]

(ii) Израчунајте однос концентрација HCO_3^- и CO_3^{2-} који је потребан да одржи рН крви од 7.4.

[1.0]

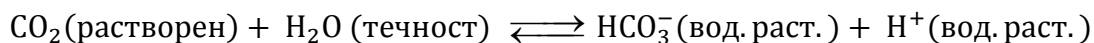
(c) Обично је у човековом телу H_2CO_3 у равнотежи са CO_2 раствореним у крви.



На 37°C је $K_3 = 5 \times 10^{-3}$.

Израчунајте укупну константу равнотеже K' за реакцију

K'



[0.5]



Theory Questions

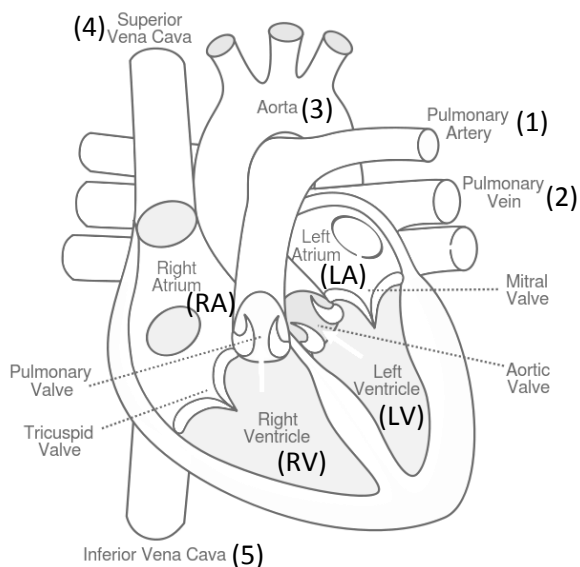
Time : 3 hrs
Marks : 30

- (d) Крвна плазма садржи карбонатни пуфер који представља смешу HCO_3^- и CO_2 укупне концентрације 3.4×10^{-2} М на 38°C . На овој температури константа равнотеже K' износи 1.3×10^{-6} . Концентрација H_2CO_3 је занемарљива. Израчунајте однос концентрација CO_2 (растворен) и HCO_3^- , и њихове појединачне концентрације у овом узорку крви на рН 7.4.

[1.5]

ЗАДАТАК 4

4. Човечје срце има четири дела — *леву преткомору, десну преткомору, леву комору, и десну комору*. Ова четири дела и различити крвни судови који су повезани са срцем дати су на доњем дијаграму.



Главни крвни судови до срца и из срца	Делови срца
1. Плућна артерија	RA) Десна преткомора
2. Плућна вена	RV) Десна комора
3. Аорта	LA) Лева преткомора
4. Горња шупља вена	LV) Лева комора
5. Доња шупља вена	

(a) Који од горњих парова учествује у преносу крви без кисеоника?

[1.0]

Theory Questions

Time : 3 hrs
Marks : 30

- (b) Табела испод показује запремину крви V у левој комори једне особе у току различитих времена t у току једног срчаног циклуса.

[0.5]

t (s)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
V (cm ³)	80	89	75	60	48	47	70	80	89

Колики ће бити ритам срца (удар/минут) израчунат на основу табеле?

- (c) У различитим временским тренуцима у току срчаног циклуса различити залиски су отворени или затворени за директни проток крви. Посматрајући податке дате у горњој табели 4(b), какав ће бити тачан положај Митраловог залиска и Аортиног залиска у 0.2 s и 0.6 s, по реду? Попуни табелу у листу за одговоре. (O = отворен, C = затворен).

[1.5]

Време	Митралов залистак	Аортин залистак
0.2 s		
0.6 s		

- (d) Крв тече из срца у аорту у току срчаног циклуса. Ако је пречник аорте око 2.4 cm, онда користећи горњу табелу у 4(b), израчунај просечну брзину (у cm s⁻¹) протока крви у аорти у току пуног срчаног циклуса.

[1.0]

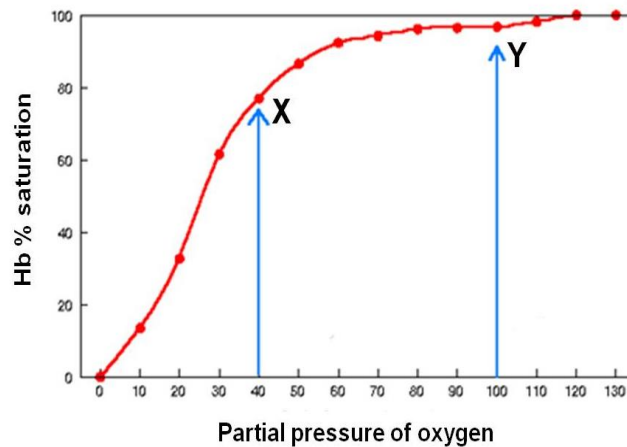
- (e) Крв тече из аорте и њених главних артерија у артериоле и капиларе. Ако главне артерије у телу имају укупну површину попречног пресека око 7.0 cm², израчунај просечну брзину крви (у cm sec⁻¹) кроз њих ако је проток кроз њих исти као кроз аорту.

[0.5]

Theory Questions

Time : 3 hrs
Marks : 30

(f) Степен zasiћења хемоглобина (Hb) може се одредити мерењем парцијалног притиска кисеоника у различитим ткивима у телу. Доњи график показује ниво zasiћења хемоглобина за различите парцијалне притиске кисеоника. Две тачке су означене са X и Y на графику.



Hb % saturation - Hb % zasiћења , Partial pressure of oxygen - парцијални притисак кисеоника

Посматрањем графика, повежите проценат Hb zasiћења за тачке X и Y са одговарајућим парцијалним притисцима кисеоника у следећим областима у телу. Попуни табелу у листу за одговоре уписујући X и Y на одговарајућа места.

[1.0]

Аорта	Бубрежна вена	Алвеолни простор у плућима	Плућна артерија

Задатак 5

5. Гепард је дивља мачка која је истребљена у Индији, али се може наћи у неким деловима света. Веома важна његова особина су велика брзина трчања и убрзање. Може да убрза из мировања до максималне брзине од око 30 m s^{-1} у току само 3.0 s. (За поређење, аутомобил као Порше постиже исту брзину у току 4.0 s).



Image taken from: <http://www.vimeo.com>

Иако се гепард може убрзавати и кретати врло брзо, немогуће је да се креће максималном брзином на већем растојању јер се брзо умори. Зато, ако не може да ухвати ловину у оквиру својих способности он одустаје од даље потере.

- (a) Сматрај да је маса гепарда 50 kg. Он започиње кретање из стања мировања и убрзава се тако да у току 3 секунде достиже максималну брзину од 30 m s^{-1} . Затим наставља да трчи 20 s том брзином.
- (i) Израчунај просечно убрзање гепарда које је потребно да би достигао максималну брзину. [0.5]
- (ii) Израчунај растојање које пређе за прве 3.0 s, сматрајући да је убрзање константно. [0.5]

Theory Questions

Time : 3 hrs
Marks : 30

(iii) Гепард мора да изврши рад против силе трења која је последица отпора ваздуха. Претпостави да је сила трења стална и да износи 100 N. Израчунај укупни механички рад који изврши гепард у току 23.0 s кретања.

[1.0]

(b) У току 23 s, температура тела гепарда порасте од 38.5 °C до 40.0 °C. За специфичну топлоту тела гепарда узми 4.2 kJ kg⁻¹ K⁻¹.

(i) Ако температура тела расте линеарно са временом, израчунај укупну топлоту приоизведену гепардовим метаболизмом. Занемарити губитак топлоте на околинду.

[1.0]

(ii) Сматрај да део енергије произведене у гепардовом телу изазива пораст његове температуре, а остатак одговара механичком раду. Израчунај колики се део укупне произведене енергије претвара у кинетичку енергију.

[1.0]

(c) Када гепард почне да трчи, он у почетку производи сопствену енергију аеробним дисањем, процесом у коме глукоза оксидује у присуству кисеоника, производећи притом АТР. У овом процесу, сваки мол глукозе ствара 36 молова АТР, и 1130 kJ енергије се ослобађа када се сви молекули АТР искористе. Трчање максималном брзином повећава потребу за кисеоником, што повећава брзину дисања на око 150 удисаја по минути.

(i) Напишите равнотежну хемијску реакцију за аеробно дисање.

[1.0]

(ii) Ако је гепарду потребно 400 kJ енергије, израчунај потребну запремину кисеоника у случају да се сва енергија добија аеробним дисањем. Узми да је моларна запремина кисеоника 24.5 литара.

[1.0]

Theory Questions

Time : 3 hrs
Marks : 30

(iii) Гепард узима кисеоник из ваздуха дисањем. Удахнути ваздух (око 500 ml по удаху) садржи 20% кисеоника, (запреминских), док издахнути ваздух садржи 15% кисеоника (запреминских). Израчунај запремину кисеоника коју гепард користи у току 23 секунде трчања, са брзином дисања од 150 удисаја по минути. **[1.0]**

(d) Јасно је из претходних одговора да енергија потребна за гепардове мишиће не потиче само од аорбног дисања. АТП се мора производити и анаеробним дисањем, али се при томе само два мола АТП стварају по једном молу глукозе.

(i) Анаеробно дисање претвара енергију из глукозе у АТП. Ако је глукоза потпуно сагорела, један мол ће ослободити 2872 kJ енергије. Колика је ефикасност анаеробног дисања у поређењу са потпуним сагоревањем глукозе. **[1.0]**

(ii) Ако се свих 400 kJ потребних за трчање гепард производи анаеробним дисањем, израчунајте укупну потребну количину глукозе (у kg). **[1.5]**