

# DET MEDICINSKA URVALSPROVET

## 20.5.2015

### UPPGIFTSKOMPENDIUM

**Detta är urvalsprovets uppgiftskompodium.** Kompodiumet innehåller textmaterial och urvalsuppgifter inklusive inledningar och som bilaga en formelsamling samt tabellerade uppgifter.

Förutsättningen för att kunna lösa uppgifterna är att man behärskar och kan tillämpa kunskaper som man erhållit genom de obligatoriska och fördjupade kurserna i biologi, fysik och kemi enligt grunderna för gymnasiet läroplan, samt ur introduktionstexterna, formlerna och tabellerna i uppgiftskompodiumet.

Introduktionstexterna kan även höra ihop med andra än de uppgifter eller uppgiftsserier som följer direkt efter introduktionstexten i fråga.

**Kontrollera att det uppgiftskompodium du erhållit, utöver detta pärmbild, innehåller uppgiftsidorna 2–21 samt formel- och tabellsidorna B1–B4.**

Konstanterna och tabellvärdena i formelbilagan B1–B4 antas vara exakta i samband med räkneoperationerna.

**Uppgifterna 1–4 besvaras på en separat optiskt läsbar blankett.** Svaren på de övriga uppgifterna skrivs i svarskompodiumet.

\*\*\*\*\*

Det medicinska urvalsprovet börjar kl. 9:00 och slutar kl. 14:00 och räcker exakt 5 timmar. Man får komma in i provsalarna ända fram till kl. 9:40 och får avlägsna sig tidigast kl. 10:00.

#### **Bedömningen av svaren och poängsättningen:**

Bedömningen av svaren baserar sig på de obligatoriska och fördjupade kurserna i biologi, fysik och kemi enligt grunderna för gymnasiet läroplan, samt på den information som ingår i det uppgiftskompodium som delats ut vid urvalsförhöret. I samband med varje uppgift och deluppgift har dess maximala poängmängd angivits.

Svarens totala poängsumma kallas råpoäng. De olika universitetens urvalskommittéer bestämmer självständigt och i enlighet med sina egna regler hur dessa råpoäng omvandlas till urvalspoäng, samt beslutar om eventuell eliminering av deluppgifter och andra åtgärder som berör bedömningen.

Då urvalsprovet är över publiceras de faktahelheter som krävs i svaren och de allmänna principerna/kriterierna för poängsättningen. Dessa är riktgivande och utgör inte fullständigt utformade modellsvår eller exakta beskrivningar av bedömningsprinciperna.

## TEXTMATERIAL

Fetma är ett betydande folkhälsoproblem i Finland. Fetma ökar bl.a. förekomsten av typ 2-diabetes. Enligt hälsoundersökningen FINRISK 2012 (tabell 1) anses en person vara överviktig ifall kroppsmasseindexet (BMI, eng. body mass index,  $\frac{\text{vikt}[\text{kg}]}{(\text{längd}[\text{m}])^2}$ ) är minst 25 kg/m<sup>2</sup>, och fet, ifall kroppsmasseindexet är minst 30 kg/m<sup>2</sup>. I medeltal har 30 % av befolkningen i arbetsför ålder bukfetma. En omfattande FINRISK-befolkningsundersökning gällande riskfaktorerna för kroniska, icke-smittosamma sjukdomar görs vart femte år.

Tabell 1. Övervikt och fetma hos män och kvinnor i åldern 25–64 under åren 2007 och 2012.  
(Källa: Institutet för hälsa och välfärd: Finländarnas fetma förr och nu)

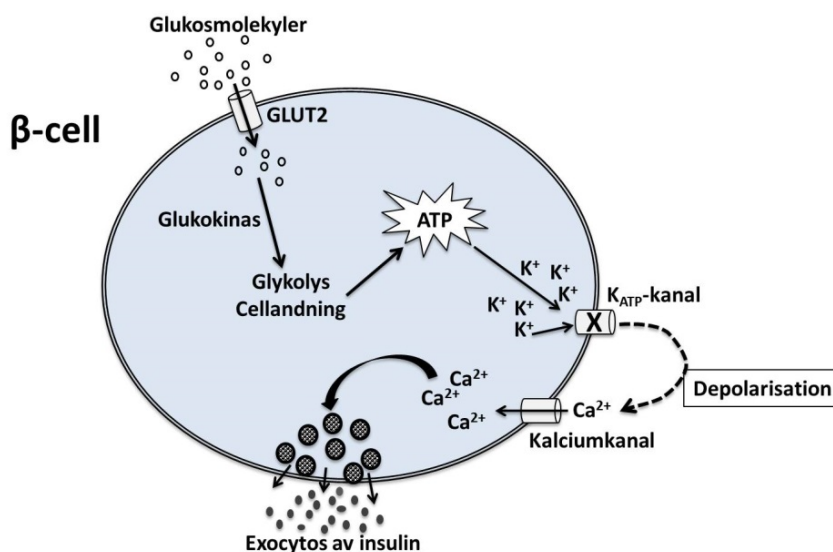
|  | FINRISK 2007<br>25–64 v | FINRISK 2012<br>25–64 v |
|--|-------------------------|-------------------------|
| <b>MÄN</b>                                     |                         |                         |
| BMI, medeltal (kg/m <sup>2</sup> )             | 27,0                    | 27,1                    |
| ≥25 kg/m <sup>2</sup> (%)                      | 65,9                    | 66,3                    |
| ≥30 kg/m <sup>2</sup> (%)                      | 18,8                    | 20,4                    |
| Midjemått, medeltal (cm)                       | 96,5                    | 96,1                    |
| Andelen med bukfetma<br>(midjemått >100 cm, %) | 31,8                    | 31,0                    |
| <b>KVINNOR</b>                                 |                         |                         |
| BMI, medeltal (kg/m <sup>2</sup> )             | 26,3                    | 26,0                    |
| ≥25 kg/m <sup>2</sup> (%)                      | 49,5                    | 46,4                    |
| ≥30 kg/m <sup>2</sup> (%)                      | 18,3                    | 19,0                    |
| Midjemått, medeltal (cm)                       | 86,6                    | 85,4                    |
| Andelen med bukfetma<br>(midjemått >90 cm, %)  | 30,9                    | 29,7                    |

Orsakerna till att fetman ökat i Finland är i stort de samma som på andra håll. Barn och speciellt unga har ökat sin konsumtion av socker- och fetthaltiga drycker och mat. I detta sammanhang är den mest betydande kolhydraten sackaros, som i kroppen spjälks till en för cellerna användbar form, såsom glukos. Överflödigt glukos lagras i kroppen speciellt i form av fett och förorsakar övervikt.

Glukos tar sig in i epitelcellerna i tunntarmen och njurkanalen med hjälp av natriumdriven transport, medan andra celler i kroppen upptar glukos via GLUT-transportproteiner (glukostransportörer; så kallad underlättad (faciliterad) diffusion, figur 1). Glukostransportens effektivitet beror på skillnaden mellan den extracellulära och den intracellulära glukoskoncentrationen, och på antalet GLUT-transportörer i cellmembranet. Man känner till fler än tio olika former av GLUT-proteiner (GLUT1, GLUT2, osv.). GLUT1–GLUT5-formerna är de vanligaste hos människan. Av dessa är GLUT1, GLUT3 och GLUT4 främst involverade i glukostransporten från blodet in i cellerna. GLUT1 upprätthåller till exempel cellernas basala tillgång till glukos, vilket är viktigt för cellandningen. GLUT2 är en central transportör för cellerna i levern, njurkanalerna och tunntarmen samt för bukspottkörtelns β-celler. Transportörerna kan också fungera i båda riktningarna, som t.ex. GLUT2 i levern och njurarna. GLUT3 är karakteristisk för nervcellerna och moderkakan. GLUT4 är en insulinberoende glukostransportör som förekommer i fettcellerna samt i skelettmuskel- och hjärtmuskelcellerna. GLUT5 transporterar fruktos och den har en central funktion i testikelvävnaden och i tunntarmsväggens epitel.

Figur 1 visar hur ökningen av blodets glukoshalt (blodsockerhalten, ”blodsockret”) aktiverar β-cellerna i bukspottkörteln att utsöndra insulin. Då glukoshalten i blodet stiger strävar glukos att diffundera in i β-cellerna via GLUT2-transportörerna. Glukokinaset fosforylerar glukos till glukos-6-fosfat, som går

vidare till glykolysen. Då ATP-halten stiger i förhållandet till ADP stängs cellmembranets  $K^+$ -kanaler av  $K_{ATP}$ -typ, vilket leder till att cellen depolariseras och till följd av detta öppnas de spänningsberoende  $Ca^{2+}$ -kanalerna. Då den intracellulära  $Ca^{2+}$ -koncentrationen stiger, leder det till exocytos av insulin-vesiklar dvs. frisättning av insulinet i vesiklarna till blodomloppet.



Figur 1. Aktiveringsmekanismen för insulinutsöndringen från  $\beta$ -cellerna i bukspottkörteln Langerhanska öar då blodsockret stiger t.ex. efter en måltid. X = stängning av  $K_{ATP}$ -kanaler.

Blodets insulinhalt reglerar antalet GLUT4-transportörer på cellmembranet. Då blodets insulinhalt stiger, transporteras GLUT4-transportproteiner i det intracellulära membransystemets vesiklar till t.ex. skelettmuskelcellens cellmembran. En sänkning av insulinhalten sätter, i sin tur, snabbt igång transporten av GLUT4-transportproteiner tillbaka till intracellulära vesiklar. I de tvärstrimmiga muskelcellerna kan förutom insulin även muskelkontraktion under fysisk ansträngning leda till att GLUT4-transportproteiner förs till cellmembranet. Denna mekanism effektiviserar glukosupptaget från blodcirkulationen för att trygga energiomsättningens behov hos muskelcellerna.

Efter en måltid ökar blodets glukoshalt snabbt, men hos en frisk person återställer insulinet den till nivån 4–6 mmol/l inom två timmar. Då ännu längre tid har förflutit sedan senaste måltid, och blodsockerhalten ytterligare sjunker, utlöses två jämviktsmekanismer: glykogenolysen (glykogen spjälks till glukosmolekyler) och glukoneogenesen (glukos bildas ur laktat, aminosyror och glycerol). Båda sker i levern, men enligt nya forskningsresultat sker glukoneogenesen i betydande grad också i njurarna. Det har uppskattats att cirka hälften av den glukos som frigörs till blodomloppet vid kortvarig fasta (10–16 timmar utan föda), härstammar från leverns glykogenolys, och den andra hälften härstammar från leverns och njurarnas glukoneogenesen. Vid kortvarig fasta sker 5–20 % av glukoneogenesen i njurarna, medan motsvarande andel vid långvarig fasta (över ett dygn) är 25–50 %.

Blodets glukoshalt regleras av både hormonella och neurala faktorer. Insulin är det mest kända anabola hormonet som främjar överföring till och lagring av energi i cellerna. Samtidigt inhiberar insulin sådana processer som ökar glukosproduktionen såsom glykogenolysen, glukoneogenesen och nedbrytningen av fetter (lipolysen). Glukagon är det mest kända hormonet som motverkar insulin och främjar glykogenolys och glukoneogenesen i levern. Även binjuremargens hormoner främjar glykogenolys och glukoneogenesen i levern samt glukoneogenesen i njurarna. Tillväxthormon och kortisol motverkar också insulinets effekter, men den stimulerande effekt de har på glukoneogenesen syns först efter en längre tid (flera timmar efter utsöndringsmaximum). Tillväxthormonet har en tydlig maximiutsöndring i början av natten och kortisolet under morgontimmarna.

Parallellt med den neurala och hormonella regleringen förekommer i levern även självreglering eller s.k. autoreglering av blodsockret. Levercellerna (hepatocyterna) kan förnimma förändringar i blodsockernivån och reagera t.ex. genom att frigöra glukos till blodomloppet med hjälp av glykogenolysen då blodsockret sjunker till undre gränsen för normalvärdet. Autoregleringen i levern kan involvera aktivering av glukoneogenesen oberoende av glukagon efterhand som leverns glykogenförråd sinar. Autoregleringen i levern är sålunda en kompensatorisk mekanism, som är oberoende av hormoner. Den har fysiologisk betydelse t.ex. under nattsömn, då förutom insulinutsöndringen även glukagonutsöndringen så småningom minskar mot morgonen.

De tvärstrimmiga muskelcellernas centrala energikälla under första skedet av fysisk ansträngning (cirka 30 minuter beroende på ansträngningens styrka) utgörs av deras egna glykogenförråd. I skelettmuskulaturen sätter adrenalinet igång nedbrytningen av glykogen. Ifall belastningen varar längre ökar betydelsen av glukos och fettsyror som fås från blodomloppet, eftersom överföringen av glukos från blodet till muskelcellerna effektiveras vid fysisk ansträngning. Man har uppskattat att glukos från blodomloppet svarar för 15–40 % av den arbetande muskelns energiförbrukning beroende på belastningen. Andelen är större vid anaerob än vid aerob ämnesomsättning. Trots detta bibehålls blodsockret nästan oförändrat, eftersom levern kan kompensera musklernas ökade glukosförbrukning genom att producera och frigöra mera glukos till blodomloppet med hjälp av de ovan beskrivna mekanismerna. Detta sker vid kortvarig belastning främst med hjälp av leverns glykogenolys; glukoneogenesens andel är då endast 10–20 %. Vid kraftig fysisk belastning blir musklernas ämnesomsättning främst anaerob, varvid laktatsyntesen i cellerna märkbart ökar. Laktat frigörs från muskelcellerna till blodomloppet och överförs till glukoneogenesen i levern och njurarna. Laktat är det viktigaste utgångsämnet i glukoneogenesen: 60–70 % av leverns och njurarnas glukoneogenes baserar sig på det tillgängliga laktatet.

Enligt den internationella diabetesfonden IDF finns det uppemot 400 miljoner människor i världen som har diabetes och antalet insjuknade ökar hela tiden. Diabetes är ett mångfasetterat hälsoproblem dels på grund av själva sjukdomen men också pga. följsjukdomarna (t.ex. blodkärls- och nervskador). Dessutom finns det flera typer av diabetes som alla har olika orsaker. Ungdomsdiabetes eller typ 1-diabetes beror på att de insulinproducerande cellerna i bukspottkörteln förstörs. I detta fall är det fråga om en så kallad autoimmunsjukdom, då kroppen avstöter sina egna insulinproducerande  $\beta$ -celler och immunförsvaret förstör dem. Man känner bara delvis till de orsaker som sätter igång autoimmunprocessen. Då en kritisk mängd celler förstörts utbryter diabetes.

Det finns enligt statistiken cirka 250 000 diabetiker med typ 2-diabetes (vuxendiabetes) i Finland. Dessutom uppskattar man att det finns cirka 200 000 personer som lider av diabetes utan att veta om det. Hos dem som har vuxendiabetes producerar bukspottkörteln insulin, men det har svagare verkan eller insulinutsöndringen är otillräcklig i förhållande till kroppens behov. Insulinproduktionen kan också helt upphöra med åren. Man har ansett att sjukdomen beror på bl.a. övervikt, men även ärftligheten har en viss betydelse. Risken att insjukna i typ 2-diabetes är ca 40 % ifall den ena föräldern har typ 2-diabetes, och 70 % ifall båda föräldrarna har typ 2-diabetes. Sjukdomen bryter oftast ut efter 40 års ålder, men insjuknandet har ökat snabbt överallt i världen och sjukdomen förekommer hos allt yngre åldersgrupper.

Graviditetsdiabetes är en sockerämnesomsättningsstörning, som konstateras första gången under graviditeten och som vanligen försvinner efter förlossningen. Mängden graviditetshormoner i blodet ökar under graviditeten. Likaså ökar kroppens fettmängd. Till följd av detta försvagas insulinets effekt eller sker insulinproduktion inte i tillräcklig mängd i förhållande till det ökade behovet, varvid blodets glukoshalt stiger. Hos cirka var tionde gravida kvinna ökar blodets glukoshalt så mycket att man ställer diagnosen graviditetsdiabetes.

Sannolikheten för alltför kraftig fostertillväxt (födelsevikt över 4500 gram) hos en mor som har typ 1-, typ 2- eller graviditetsdiabetes är mångfaldig jämfört med en normal graviditet. Medelfödelsevikten i Finland är 3485 gram. En störning i sockerämnesomsättningen leder vanligen till att fostret växer snabbare. Fostrets bukspottkörtel börjar producera insulin efter den tolfte graviditetsveckan.

## Uppgift 1 (delarna A – C)

34 p

Besvaras på den optiskt läsbara blanketten genom att märka ett kryss (X) vid de alternativ du valt.

Det finns ett eller flera rätta alternativ i varje grupp med påståenden (a-v).

Den sammanlagda maximala poängmängden i uppgift 1 är 34 poäng och minimipoängmängden 0 poäng.

### Del A (10 p)

Poängsättning:

Om man kryssat endast rätt(a) alternativ i en grupp med påståenden (t.ex. a 1-5) = 1 p/grupp

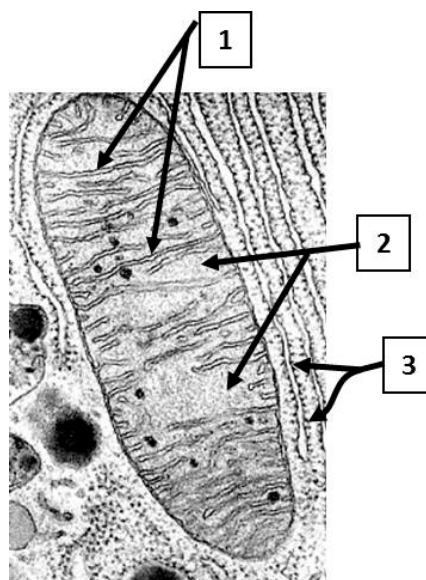
Ett eller flera felaktiga val per grupp = 0 p/grupp

Ett eller flera sanna påståenden som inte kryssats = 0 p/grupp

Svar saknas helt i en grupp av påståenden = 0 p/grupp

#### a. Elektronmikroskopisk bild av cellorganeller.

1. I struktur 1 sker vattnets fotolys.
2. I struktur 1 sker reduktion av koldioxid.
3. I struktur 2 reduceras koldioxid till socker.
4. ADP fosforyleras i struktur 1.
5. Struktur 3 innehåller bl.a. ATP.



Figur:

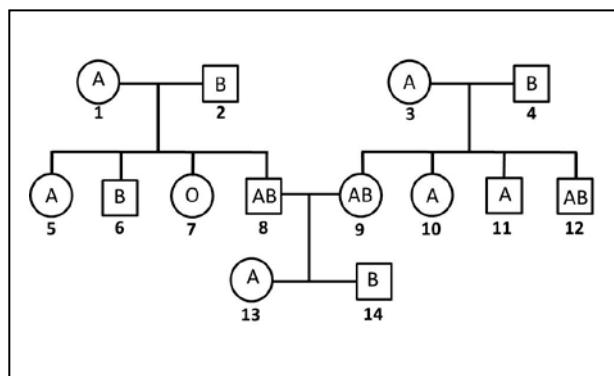
<http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/C/.html>

#### b. Om de levande organismernas utveckling vet man att

6. ryggradsdjurens utveckling börjat för ca 250 miljoner år sedan.
7. groddjuren uppenbarade sig under livets forntid (paleozoiska eran).
8. de första djuren med fosterhinnor var fåglar.
9. det öppna blodloppet är typiskt för insekter.
10. de första representanterna för alla stammar (*phylum*, pl. *phyla*) i djurriket uppenbarade sig för ca 500 miljoner år sedan.

#### c. Släkträdet intill visar nedärvingen av ABO-blodgruppen. Vilken eller vilka av personerna är homozygoter beträffande ABO-blodgruppens faktorn?

11. Person 2
12. Person 3
13. Person 4
14. Person 7
15. Person 13



**d. Myrarna är viktiga ekosystem.**

16. Dikning av myrar förorsakar ansamling av kvicksilver i närbelägna vattendrag.
17. Aktiv nedbrytningsverksamhet gör myrarna till effektiva kolsänkor.
18. Myrarna är inte viktiga kolsänkor, eftersom de har relativt lite växtlighet.
19. I det första skedet av myrdränering ökar koldioxidutsläppen, eftersom nedbrytarnas aktivitet förstärks.
20. Dränering av myrar minskar metanutsläpp.

**e. Heteros**

21. Med heteros avses energiberoendeförhållande mellan arterna.
22. Med heteros avses genetisk modifiering mellan arterna.
23. Termen heteros hänvisar till storleksskillnaden mellan X- och Y-kromosomerna.
24. Man kan åstadkomma heteros hos växter genom att sinsemellan korsa inavelslinjer som är av samma art men som har olika arvsanlag.
25. Heteros är motsatsen till homozygoti och den karakteriseras av hybridernas livskraft.
26. Inavel minskar heteros.

**f. DNP (2,4-dinitrofenol) används inom industrin t.ex. som utgångsämne för färgämnen, träskyddsmedel och sprängämnen samt som växt- och insektgift. Tidigare använde man det även som bantningsmedel för att "förbränna fett".**

Sköldkörtelhormoner reglerar ämnesomsättningen på många olika sätt i nästan alla vävnader. Ett av de viktigaste är ökningen i vävnadernas syreförbrukning då natrium-kalium-pumpen aktiveras. Sköldkörtelhormonerna reglerar även värmeproduktionen i brun fettvävnad. Detta baserar sig på mitokondriernas s.k. frikopplarproteiner, av vilka termogenin är det bäst kända. Sköldkörtelhormonerna ökar syntesen av termogenin. Termogenin förorsakar okontrollerat läckage av vätejoner in i mitokondriernas innersta del (matrix). Följden är en ökad värmeproduktion då energin inte lagras i form av ATP, utan frigörs som värme. Orsaken till detta är att förbindelsen mellan mitokondriernas elektrontransportkedja och ATP-produktion bryts. Förutom mitokondriernas proteiner känner man även till andra frikopplingsmekanismer och -molekyler. Den frikopplande verkan hos DNP (2,4-dinitrofenol) baserar sig också på att vätejoner läcker in i mitokondriernas matrix.

*Utgående från det ovan beskrivna och tidigare kunskap kan man sluta sig till att*

27. tyroxin åstadkommer produktion av frikopplarproteiner genom att bindas till sina egna cellmembranreceptorer.
28. DNP minskar cellernas ATP-produktion genom att inhibera enzymer i citronsyracykeln.
29. celler som behandlats med DNP kan producera ATP med hjälp av glykolys.
30. DNP:s frikopplande verkan kan leda till att energiförbrukningen ökar.
31. den frikopplande verkan, som induceras av tyroxin, innebär en störning mellan citronsyracykeln och elektrontransportkedjan.

**g. I avloppsvattenreningens biologiska faser**

32. utnyttjas för det mesta aeroba förhållanden.
33. fälls fosfor ut med hjälp av ferrosulfat.
34. syresätter man bassängen så att ferrosulfatutfällningen försnabbas.
35. utnyttjar man effektivt biologisk kvävebindning.
36. utnyttjar man urdjur i nedbrytningsprocessen för organiskt avfall.

**h. Människoindividens utveckling från en befruktad äggcell (zygot) via embryo- och fosterstadierna omfattar bl.a. organbildningen. Människans hjärta påminner i det första stadiet av utvecklingen om fiskhjärtat, varför man kan konstatera att**

37. under människohjärtats rörformiga utvecklingsstadium pumpar embryots hjärta blod för syresättning till moderkakan, som håller på att bildas, varefter blodet cirkulerar tillbaka till embryots hjärta.
38. människoembryots hjärta har ett förmak och en kammare under det rörformiga utvecklingsstadiet. Dessutom vet man att
39. människoembryots hjärta börjar slå då embryot är cirka tre veckor gammalt.
40. människoembryot inte ännu fäst sig vid livmoderns slemhinna då hjärtat börjar slå.
41. det finns en tillfällig förbindelse mellan lungvenen och aortan i fostrets blodomlopp.

**i. Dissociationskonstanten ( $K_d$ ) är en jämviktskonstant som beskriver t.ex. proteinernas förmåga att binda småmolekylära ämnen (ligander).**

Dissociationskonstanten hänför sig till jämviktskonstanten för den omvända reaktionen till associationen (protein + ligand  $\leftrightarrow$  protein-ligand), dvs. dissociationsreaktionen (protein-ligand  $\leftrightarrow$  protein + ligand), och den är då lika med det inversa värdet av associationskonstanten. Dissociationskonstanten används allmänt för att beskriva affiniteten, dvs. styrkan i bindningen mellan proteiner och ligander. Ju mindre  $K_d$ -värdet är, med desto större affinitet binder proteinet liganden. Blodplasmans albumin binder t.ex. steroidhormoner och miljökemikalier, såsom bisfenol A och DDT, som har samma effekt i kroppen som östrogener (estrogener).

I tabellen nedan visas  $K_d$ -värdena för östradiol (ett östrogenhormon), bisfenol A och DDT med avseende på albumin och östrogenreceptor.

| Förening<br>(ligand) | Dissociationskonstant ( $K_d$ ) |                  |
|----------------------|---------------------------------|------------------|
|                      | Albumin                         | Östrogenreceptor |
| Östradiol            | $10^{-6}$ M                     | $10^{-10}$ M     |
| Bisfenol A           | $10^{-4}$ M                     | $10^{-7}$ M      |
| DDT                  | $10^{-3}$ M                     | $10^{-6}$ M      |

Utgående från tabellen och tidigare kunskap kan man sluta sig till att

42. albumin fungerar som en bärarmolekyl för hydrofoba föreningar.
43. föreningarna i tabellen kan aktivera östrogenreceptorförmedlade svar (responser) i cellerna först efter att de frigjorts från albumin.
44. då föreningarna i tabellen frigjorts från albuminet, binds de till sina receptorer som är belägna på cellmembranet.
45. bisfenol A kan tränga bort DDT vid bindningen till östrogenreceptorer, förutsatt att ligandernas koncentrationer är de samma och att de tävlar om samma receptorplatser.
46. då DDT binds till östrogenreceptorn kan det t.ex. hos honmöss leda till förtjockning av livmoderslemhinnan.
47. bisfenol A och DDT inte kan passera placentan.

**j. Vid neurofysiologiska undersökningar har man kunnat påvisa att**

48. det att nervimpulsen fortskrider enligt "allt eller intet" -principen garanterar att impulsen, då den väl uppkommit, kan färdas utan hinder från en nervcell till en annan.
49. den cirka 25 mm tjocka hjärnbarken i stora hjärnan svarar bl.a. för regleringen av de viljestyrda rörelserna.
50. människan kan påverka nervcellernas struktur genom sina egna medvetna handlingar.
51. adrenalin som utsöndras från binjurebarken är den viktigaste faktorn som höjer hjärtats slagfrekvens.
52. armens böjreflex kan förhindras med hjälp av inhibitorer av den sympatiska neurotransmittorns funktion.

## Del B (12 p)

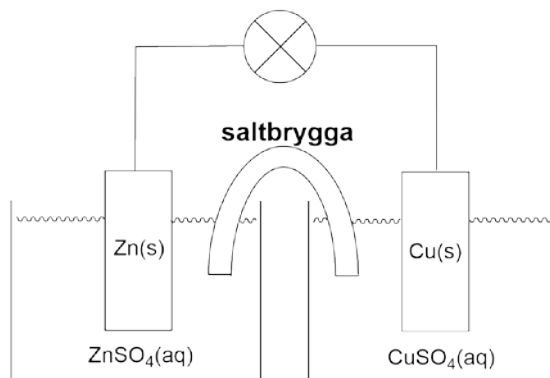
Poängsättning:

Om man kryssat endast rätt(a) alternativ i en grupp med påståenden (t.ex. k 53–56) = 2 p/grupp

Ett eller flera felaktiga val per grupp = 0 p/grupp

Ett eller flera sanna påståenden som inte kryssats = 0 p/grupp

Svar saknas helt i en grupp av påståenden = 0 p/grupp



Ovan visas ett schema för ett galvaniskt element. Kryssa för de sanna påståendena, som antingen specifikt berör detta element eller elektrokemi i allmänhet.

**k.**

53. Då zink oxideras frigörs för varje oxiderad zinkatom två elektroner i lösningen, vilket möjliggör att en ström går i lösningen.
54. Om man avlägsnar ledningarna som förenar (via lampan) zink- och kopparplattorna, blir elektrodreaktionerna märkbart långsammare.
55. De positivt laddade jonerna i saltbryggan rör sig mot katoden.
56. Zinksulfatet är upplöst i vattnet i form av  $\text{ZnSO}_4$ -molekyler.

**l.**

57. Då  $\text{Cu}^{2+}$ -jonen reduceras till grundämnet koppar, mottar  $\text{Cu}^{2+}$ -jonen två elektroner via saltbryggan.
58. Om man i stället för saltbryggan har en metalltråd lyser lampan.
59. Om man ersätter zinksulfatet med zinkklorid ( $\text{ZnCl}_2$ ), förlorar elementet sin funktionsförmåga.
60. Om man sänker zink- och kopparplattorna (utan sammankopplande ledning) i ett och samma kärl som är fyllt med en vattenlösning av koppar(II)sulfat, kan man efter en stund iakttä kopparfällning i lösningen.

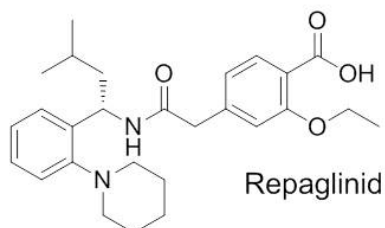
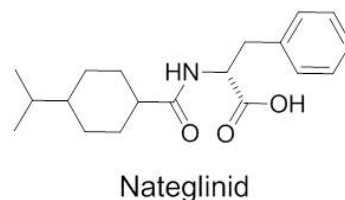
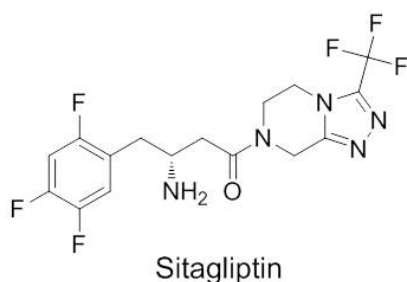
**m.**

61. Katoden är positivt laddad eftersom koppar har avgett elektroner. Anoden är negativt laddad eftersom zink har mottagit elektroner.
62. Man vet att normalpotentialen (reduktionspotentialen) för zink är  $-0,76$  V och för koppar  $+0,34$  V. Källspänningen är således  $+1,10$  V.
63. På grund av spänningen i det galvaniska elementet kan man få en elstöt som utlöser kramper.
64. Oxidations-reduktionsreaktionen
 
$$\text{malat} + \text{NAD}^+ \rightarrow \text{oxalacetat} + \text{NADH} + \text{H}^+ \quad (\text{reaktion 1})$$
 ingår i citronsyracykeln (Krebs cykel). Dessutom känner man till reduktionspotentialerna (mätta under intracellulära förhållanden) för reaktionerna
 
$$\text{oxalacetat} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{malat} \quad E = -0,166 \text{ V}$$

$$\text{NAD}^+ + \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{NADH} \quad E = -0,320 \text{ V}$$
 Utgående från dessa kan man konstatera att den ovannämnda reaktionen (reaktion 1) sker i den angivna riktningen utan tillförsel av extern energi.



Nedan avbildas fem läkemedel som används för behandling av diabetes. Kryssa för de sanna påståendena.



**n.**

65. Nateglinid och repaglinid är strukturisomerer.
66. Molekylformeln för nateglinid är  $C_{17}H_{27}NO_3$ .
67. Sitagliptin, nateglinid och repaglinid har alla minst en amidbindning.
68. Alla fem läkemedel innehåller minst en cyklisk struktur.
69. Pioglitazon, repaglinid och nateglinid kan bilda vätebindningar då de löser sig i vatten.
70. Endast i sitagliptin förekommer en eller flera  $sp^3$ -kolatomer.

**o.**

71. Bland de ovan avbildade läkemedlen hör nateglinid, repaglinid och sitagliptin till aldehydföreningar.
72. Bland de avbildade läkemedlen kan endast ett förestras med etanol under sura förhållanden.
73. Pioglitazon och repaglinid har vardera en etylgrupp.
74. I fyra av läkemedlen ingår en primär aminogrupp.
75. Då nateglinid löser sig i vatten bildar den en zwitterjon.
76. Det förekommer varken isopropyl- eller alkoholgrupper i de avbildade läkemedlen.

**p.**

77. I fyra av läkemedlen i figuren finns ett kiralt centrum, varvid dessa föreningar kan förekomma i form av racemat (racemiska blandningar).
78. Repaglinid har en benzoesyradel som först kan reduceras till en aldehyd och vidare till benzylalkohol dvs. fenol.
79. Alla föreningar är aminer.
80. I alla läkemedel i figuren förekommer funktionella grupper som innehåller elektronegativa heteroatomer.
81. Sitagliptin, nateglinid och repaglinid innehåller en eterstruktur.
82. Nateglinid är ett derivat av fenylalanin.

## Del C (12 p)

Poängsättning:

Om man kryssat endast rätt(a) alternativ i en grupp med påståenden (t.ex. **q** 83-87) = 2 p/grupp

Ett eller flera felaktiga val per grupp = 0 p/grupp

Ett eller flera sanna påståenden som inte kryssats = 0 p/grupp

Svar saknas helt i en grupp av påståenden = 0 p/grupp

**q. En hur stor andel av de finska männen i åldern 25–64 hade normalvikt eller var underviktiga år 2012?**

- 83. 43,7 %
- 84. 79,6 %
- 85. 13,3 %
- 86. 66,3 %
- 87. 33,7 %

**r. Om andelen feta kvinnor fortsätter att öka med samma hastighet som under tidsperioden 2007–2012, vilken är då andelen feta kvinnor år 2020?**

- 88. 19,4 %
- 89. 19,7 %
- 90. 20,1 %
- 91. 23,3 %
- 92. 22,5 %

**s. Hur många neutroner ingår det i  $^{111}\text{In}$ -kärnan?**

- 93. 49
- 94. 62
- 95. 64
- 96. 111
- 97. Inget av dessa alternativ.

**t.  $^{111}\text{In}$  är en radioaktiv kärna som förändras genom elektroninfångning. Vilken är sönderfallsekvationen för elektroninfångningen? ( $e^-$ , elektron;  $\nu$ , neutrino)**

- 98.  $^{111}\text{In} + e^- \rightarrow ^{111}\text{Sn} + \nu$
- 99.  $^{111}\text{In} + e^- \rightarrow ^{111}\text{Cd} + \nu$
- 100.  $^{111}\text{In} + e^- \rightarrow ^{112}\text{In} + \nu$
- 101.  $^{111}\text{In} + e^- \rightarrow ^{110}\text{In} + \nu$
- 102. Ingen av dessa.

**u. En simmare fyller lungorna med luft och dyker till 10 meters djup i en sjö. Hur mycket förändras lungvolymen då hon dyker, om vävnadernas stödjande verkan inte beaktas?**

- 103. Förändras inte.
- 104. Minskar till en tiondel.
- 105. Minskar med en tiondel.
- 106. Halveras.
- 107. Ökar med en tiondel.

**v. Vilken typ av växelverkan håller ihop en stabil atomkärna?**

- 108. Gravitationsväxelverkan
- 109. Stark växelverkan
- 110. Elektrisk växelverkan
- 111. Svag växelverkan
- 112. Magnetisk växelverkan



## Uppgift 3

10 p

Besvaras på den optiskt läsbara blanketten under UPPGIFT 3.

Poängsättning:

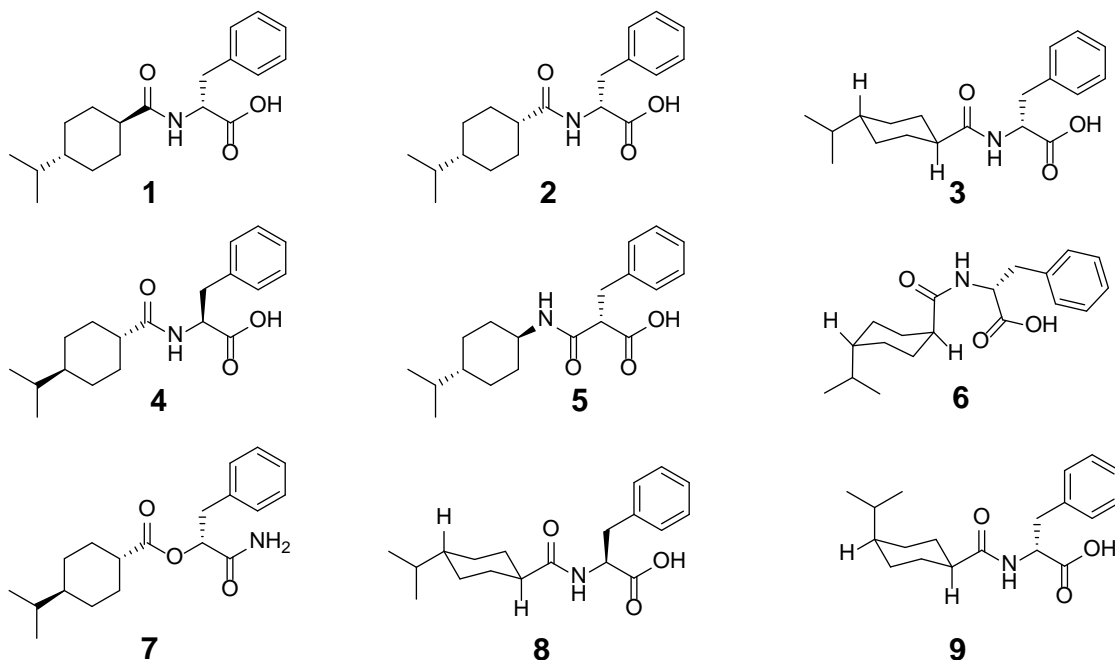
Rätt alternativ/rätta alternativ valt/valda på en rad i tabellen = 1 p

Ett eller flera fel på en rad = -1 p

Svar saknas på en rad = 0 p

Den lägsta poängmängden för uppgift 3 = 0 p

Nedan presenteras strukturer för några isomerer till läkemedlet nateglinid, som används för behandling av diabetes. Kryssa för i tabellen i den optiskt läsbara blanketten hur de angivna föreningarna förhåller sig till varandra.



| Föreningar | samma förening | konformerer | strukturisomerer | spegelbils-isomerer | cis-trans-isomerer |
|------------|----------------|-------------|------------------|---------------------|--------------------|
| 1 och 2    |                |             |                  |                     |                    |
| 1 och 3    |                |             |                  |                     |                    |
| 1 och 4    |                |             |                  |                     |                    |
| 1 och 5    |                |             |                  |                     |                    |
| 1 och 6    |                |             |                  |                     |                    |
| 1 och 7    |                |             |                  |                     |                    |
| 1 och 8    |                |             |                  |                     |                    |
| 1 och 9    |                |             |                  |                     |                    |
| 3 och 6    |                |             |                  |                     |                    |
| 3 och 9    |                |             |                  |                     |                    |

## Uppgift 4

4 p

Besvaras på den optiskt läsbara blanketten under UPPGIFT 4.

Poängsättning:

Rätt alternativ valt på en rad i tabellen = 0,5 p

Fel alternativ valt på en rad = -0,5 p

Båda alternativen valda på en rad = -0,5 p

Svar saknas på en rad = 0 p

Den lägsta poängmängden för uppgift 4 = 0 p

Vilka av följande påståenden (1–8), som berör kolhydratämnesomsättningen, är helt rätta och vilka är falska?

Kryssa för i tabellen i den optiskt läsbara blanketten.

| Påstående   | Helt rätt | Falskt |
|---|-----------|--------|
| 1. Glukagon höjer blodsockerhalten genom att frigöra glukos till blodomloppet ur leverns och musklernas glykogen.   |           |        |
| 2. Insulin effektiviserar upptagningen av glukos i tunntarmen med hjälp av GLUT4-transportproteinet.  |           |        |
| 3. Brist på insulin leder till att det bildas ketonkroppar, vilket leder till försurning av kroppen.  |           |        |
| 4. Till glukagonets glukoneogenetiska verkan hör syntesen av glukos också i fettvävnad.   |           |        |
| 5. Effekterna av insulin, glukagon och adrenalin förmedlas in i cellen via receptorer som finns i kärnan.   |           |        |
| 6. Hos en frisk människa leder en sänkning av blodets glukoshalt till en minskning av antalet GLUT4-transportörer på cellmembranet.   |           |        |
| 7. Den aktivering av insulinutsöndringen som sker i bukspottkörteln då blodsockerhalten stiger sker via GLUT2-transportörerna, men GLUT4-transportörerna anknäver till insulinets effekter. |           |        |
| 8. Aktiveringen av bukspottkörtelns insulinutsöndring sker i samband med förändringen i $\beta$ -cellens membranpotential i positiv riktning, då $K_{ATP}$ -kanalerna stängs.               |           |        |

## Uppgift 5

10 p

a) 5 p

Hur förflyttas glukos från moderns blodomlopp till fostrets celler?

Hur och med vilka mekanismer påverkar moderns diabetes fostrets tillväxt?

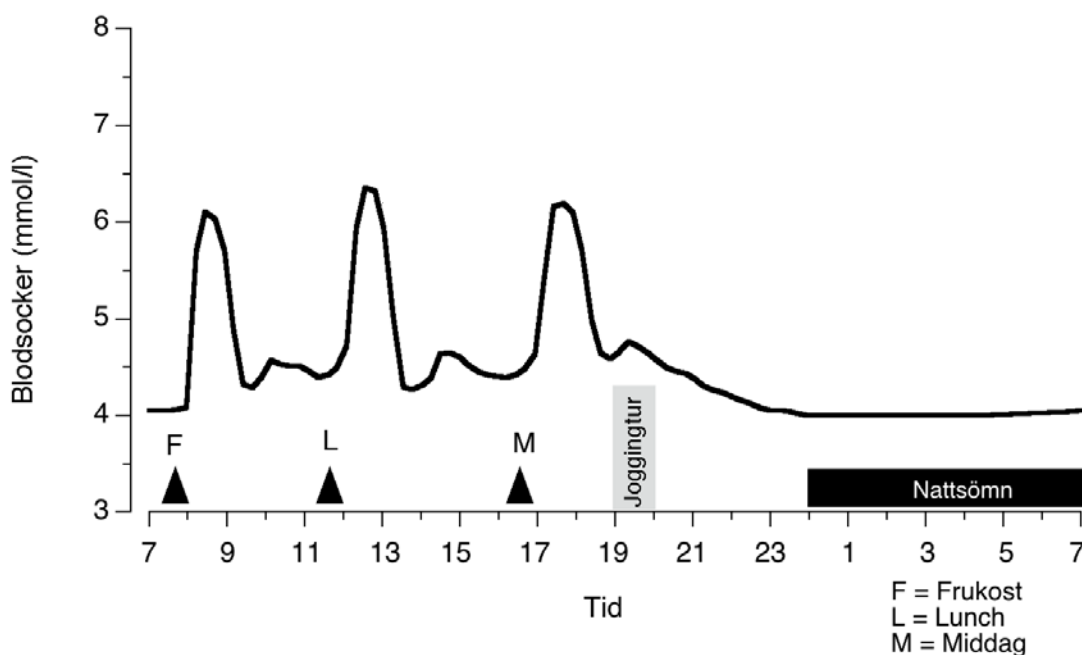
b) 5 p

Hur kan man erhålla bukspottkörtelceller, som lämpar sig för stamcellsbehandling av diabetes, från (1) en vuxen människas hudcell, (2) en blastocystcell och (3) en äggcell, vars kärna avlägsnats?

## Uppgift 6

9 p

I figuren nedan visas en frisk persons blodsockerkurva under ett dygn.



a) 5 p

I figuren har man förutom måltidsrytmen (frukost, lunch och middag) angett personens joggingtur på kvällen kl. 19–20.

Vilka faktorer påverkar blodets glukoshalt under den en timme långa joggingturen, om man antar att ämnesomsättningen förblir aerob under hela joggingturen?

b) 4 p

I slutet av uppföljningsperioden, kl. 7 på morgonen, är personens blodsocker (s.k. fastevärde) 4,1 mmol/l. Hur förklarar du att blodets glukoshalt hålls stabil under natten, trots att personen inte åt efter joggingturen och sedan sov i ett sträck ända till morgonen?

## Uppgift 7

5 p

Hur framställer du tvål med endast de ämnen och redskap, som anges i listan nedan, då du har en halv timme tid till ditt förfogande?

- en kirurgisk kniv
- pankreatinkapslar ämnade för personer med bristfällig exokrin bukspottkörtelfunktion (kapslarna innehåller enzymer som produceras av bukspottkörteln)
- matsoda (innehåller huvudsakligen  $\text{NaHCO}_3$ )
- vatten
- olivolja
- kaffe i en sluten termosflaska

Allt det ovan nämnda behövs nödvändigtvis inte för att framställa tvål. Tvålen behöver inte isoleras i ren form. Man antar dessutom att eventuella biprodukter, orenheter i utgångsämnen eller utgångsämne, som inte reagerat, inte stör tvålbildningen. I svaret ska man beskriva de olika skedena i framställningen och deras kemiska betydelse. Man behöver inte beskriva de använda mängderna.

## Uppgift 8

8 p

Ärftlig bukspottkörtelinflammation är en sällsynt autosomal dominant nedärvd sjukdom. Bakgrunden till sjukdomen är oftast mutationer i genen för trypsinogenenzym som produceras av bukspottkörteln (katjoniskt trypsinogen) eller i genen för trypsininhibitorn. Hos den finländska befolkningen förekommer t.ex. R122H-mutation hos det katjoniska trypsinogenet. Beteckningen R122H innebär att det skett ett utbyte av en nukleotid i DNA och att den färdiga polypeptiden till följd av detta har fått aminosyran arginin (R) vid position 122 utbytt mot histidin (H).

a) 5 p

Nedan visas DNA-sekvensen för katjoniska trypsinogenet hos en frisk människa vid det område där mutationen kan förekomma. I sekvensen finns exonerna vid positionerna 1–50, 91–150 och 201–290.

```

1   TTCTGTTCGC AATACTTGAA TAGCCGGTAT GCGGAGAATT AGCGCTTCGA
51  CAATACTTGA ATAGCCGGTA TGC GGAGAAT AGCGCTTATA ATGTTCTTGA
101 TAGCCGGTAT GCGGAGAATT ATAATGTTTCG CAATACTTGA ATAGCCGGTAT
151 GCGGAGAATT ATAATGTTTCG CAATACTTGA ATAGCCGGTA TGC GGAGAAT
201 TATAATGTTC AGCGCTCTTG AATAGCCGGT ATGCGGAGAA TTATAATGTT
251 CGCAATACTT TAATATCCTT GTATTCGGAG AATTATAAGG
  
```

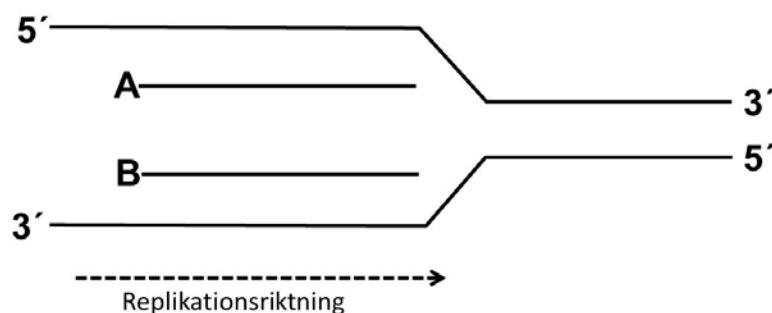
Restriktionsenzymet *AfeI* känner igen nukleotidsekvensen **AGCGCT** och klipper av DNA vid den. Vid mutationsstället har klippningsstället för restriktionsenzymet försvunnit.

Budbärrar-RNA (mRNA) isolerades från ett biopsiprover (vävnadsprov) man tagit från en patients bukspottkörtel. mRNA bearbetades vidare för en genanalys, som sedan visade att patienten hade mutationen ifråga, men inga andra mutationer. I hur många delar skulle det analyserade patientprovet avklippas vid en restriktionsanalys på det område som motsvarar den ovan angivna sekvensen? Motivera ditt svar.

b) 3 p

Figuren nedan beskriver den normala DNA-replikationen. Vilken av de uppkomna nya strängarna (A eller B) har bildats fragmentvis (Ogazaki-fragment)? Motivera ditt svar.

(Ett svar utan rätt motivering = 0 p)



## Uppgift 9

6 p

$^{111}\text{In}$  är en radioaktiv kärna med  $T_{1/2} = 2,83$  d.  $^{111}\text{In}$ -pentetreotid används vid isotopavbildning av bukspottkörteln. Sjukhuset har beställt  $^{111}\text{In}$ -pentetreotidlösning. Lösningen lämnar producenten på måndag kl. 15:00. Då den anländer på tisdagen kl. 12:00 är dess aktivitet 660 MBq och specifika aktivitet 111 MBq/ml. På onsdagen kl. 09:00 mäter sjukhusets radiolog upp rätt mängd  $^{111}\text{In}$ -pentetreotidlösning i en spruta, vars innehåll ges till patienten samma dag kl. 12:00. Vid isotopavbildningen behövs en patientdos på 180 MBq.

a) 2 p

Vilken är aktiviteten hos  $^{111}\text{In}$ -pentetreotidförsändelsen då den lämnar producenten?

b) 2 p

Hur mycket  $^{111}\text{In}$ -pentetreotidlösning (ml) mätte radiologen upp i sprutan?

c) 2 p

Hur många  $^{111}\text{In}$ -kärnor har hunnit sönderfalla i försändelsen från den tidpunkt då den anlände till sjukhuset fram till dess att sprutan fylldes?

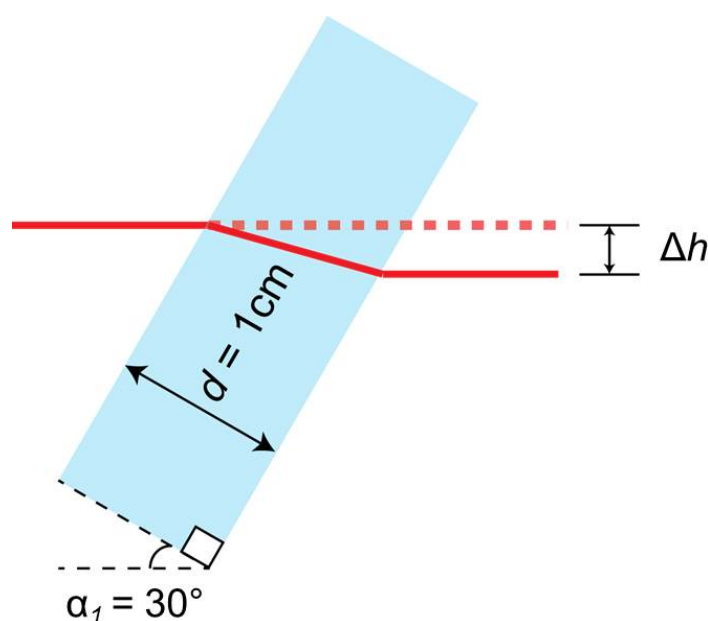
## Uppgift 10

7 p

I figuren nedan går en laserstråle genom en 1 cm tjock glasskiva. Glasskivan är placerad i en vinkel  $\alpha_1 = 30^\circ$  i förhållandet till strålens färdriktning.

Rita in i bilden i svarskompndiet den geometriska figur som används vid uträkningen och räkna ut parallellförskjutningen  $\Delta h$ .

Brytningskoefficienterna:  $n_{\text{luft}} = 1,0$ ;  $n_{\text{glas}} = 1,5$





# Uppgift 11

12 p

*Hur frågan besvaras och bedöms:*

- **För delarna a–c** antecknar man i rutan i svarskompendiet endast uppgiftens svar utan mellanskeden. För uträkningarna kan du använda de lediga baksidorna på svarskompendiet. För att få poäng i delarna a–c, måste svaret vara helt rätt och även angivet med rätt noggrannhet.
- **För delarna d och e** måste man presentera alla mellansteg vid uträkningarna av svaret i svarsutrymmet i svarskompendiet.

Vid framställningen, förvaringen och användningen av läkemedel är det viktigt att man känner till deras sammansättning och kemiska egenskaper. Ett läkemedels bipacksedel innehåller t.ex. information ämnen, dosering, biverkningar, förvaring och farmakologiska egenskaper. Räkna de följande uppgifterna som berör framställningen, karakteriseringen och doseringen av läkemedel.

a) 2 p (endast svaret skrivs i svarskompendiet)

I framställningsprocessen för paklitaxel använde man palladium som katalysator, varför man ur mellanprodukten bestämde palladiumkoncentrationen med atomabsorptionsspektrometri. Man tog ett prov på 0,5052 g av mellanprodukten och bröt ned i mikrovågsugn med kungsvatten ( $\text{HNO}_3$ -HCl-blandning). Den använda nedbrytningsmetoden löser fullständigt upp palladiumet i provet. Den provlösning, som man erhållit efter nedbrytningen i mikrovågsugn, utspäddes i en mätflaska till en volym på 50,0 ml. Ur flaskan togs ett delprov på 10,0 ml, där palladiummängden uppmättes till 0,095 mikrogram. Vad var det ursprungliga provets palladiumkoncentration (mg/kg)?

b) 2 p (endast svaret skrivs i svarskompendiet)

Infliximab är ett effektivt biologiskt läkemedel för behandling av ledgångsreumatism. Man beslöt att ge en intravenös behandlingsdos på 3,00 mg/kg under 2,00 timmars tid åt en patient. För doseringen framställde man först en baslösning på 30,0 ml med infliximabkoncentration = 0,010 g/ml. För infusionen utspäddes baslösningen till 0,250 liter med natriumkloridinfusionsvätska (NaCl-halten = 9 mg/ml = 0,9 %). Hur många liter av den framställda infusionslösningen gav man till patienten, som vägde 56 kg?

c) 2 p (endast svaret skrivs i svarskompendiet)

Åt en patient ordinerades 4,00 g ampicillin per dygn (24,0 h) via intravenös infusion (dropp) mot lunginflammation. Ampicillinkoncentrationen i den isotona koksaltlösningen som framställts för infusionen var 6,00 g/l. Patienten fick under de två första timmarna 40,0 ml/h av lösningen, och den resterande dygnsdosen under de följande 22,0 timmarna. Vad var infusionshastigheten (ml/h) under den 22,0 h långa perioden?

d) 3 p

Man vet att ett läkemedel är en envärdig syra (HA), vars  $K_a = 5,37 \cdot 10^{-7}$  mol/l. Man tog 50,0 ml av syralösningen ( $c = 0,100$  mol/l) och utspäddes med vatten till en volym av 0,250 l. Därefter titrerades lösningen med NaOH-lösning ( $c = 0,200$  mol/l). Beräkna hydroxidjonkoncentrationen (mol/l) vid titreringens ekvivalenspunkt.

e) 3 p

Slutprodukterna i organisk syntes genomgår rutinemässigt förbränningsanalys (grundämnesanalys) för att kontrollera deras renhet. Ett gram (1,00 g) läkemedel, som innehöll kol, väte och syre, brann fullständigt i förbränningsanalysatorn. Volymen för koldioxid som uppstod vid förbränningsreaktionen var 1,413 dm<sup>3</sup> och vattenmängden 0,785 g, då dessa uppmättes vid temperaturen 273,15 K och trycket 1,01325 bar. Hur många massprocent (m-%) syre innehöll läkemedlet?

## Uppgift 12

7 p

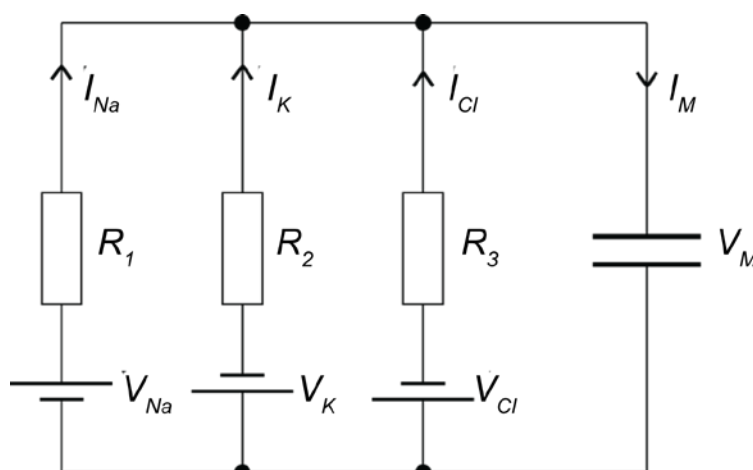
Cellmembranets elektriska potential är en central del av cellens aktiva funktion. Potentialskillnaden över cellmembranet baserar sig på att olika joner förekommer i olika proportioner på de olika sidorna av cellmembranet. Eftersom jonerna inte spontant kan tränga igenom det hydrofoba cellmembranet, kan denna potentialskillnad förändras ifall cellens regleringsmekanismer för ett ögonblick ändrar cellmembranets permabilitet för en viss typ av joner. Cellen kan reglera sin jonkoncentration med hjälp av öppningsbara jonkanaler samt andra transportproteiner.

Då nervcellen är i viloläge kan kaliumjonerna ( $K^+$ ) vanligen lättast komma igenom cellmembranet, medan natriumjonerna ( $Na^+$ ) knappt alls rör sig genom cellmembranet. Natrium-kalium-pumpen som förbrukar ATP upprätthåller cellens membranpotential konstant under normala förhållanden. Den pumpar  $K^+$ -joner tillbaka in i cellen och  $Na^+$ -joner ut ur cellen. Natriumjonkanalerna är en viktig del av cellens elektriska signalering. Vanligen är cellens vilopotential  $V_M$  mycket nära  $Cl^-$ -jonens jämviktspotential, dvs. Nernst-potential; i denna uppgift antar man att de är exakt lika stora. Trots att man observerat tiotals olika joner och jonkanaler i cellerna, åskådliggörs membranpotentialen vanligen med hjälp av de tre ovannämnda jonerna.

**Tabell:** Koncentrationerna och Nernst-potentialen för de tre centrala jonerna då cellen är i viloläge

| Jon    | Koncentration                    |                               | Potential |
|--------|----------------------------------|-------------------------------|-----------|
|        | Utanför<br>(mol/m <sup>3</sup> ) | Inne<br>(mol/m <sup>3</sup> ) | (mV)      |
| $Na^+$ | 150                              | 15                            | 61        |
| $K^+$  | 5,5                              | 150                           | -88       |
| $Cl^-$ | 125                              | 9                             | -71       |

I figuren nedan ges en elektrisk krets som åskådliggör cellmembranets elektriska potential. Man kan åskådliggöra cellmembranet som en kondensator, eftersom nettoflöde av joner över cellmembranet endast sker ifall det sker förändringar i cellmembranets permeabilitet.



Figur: Den elektriska ekvivalenscircuiten för cellmembranet. Spänningskällorna  $V_{Na}$ ,  $V_K$  och  $V_{Cl}$  beskriver Nernst-potentialen för de respektive jonerna.

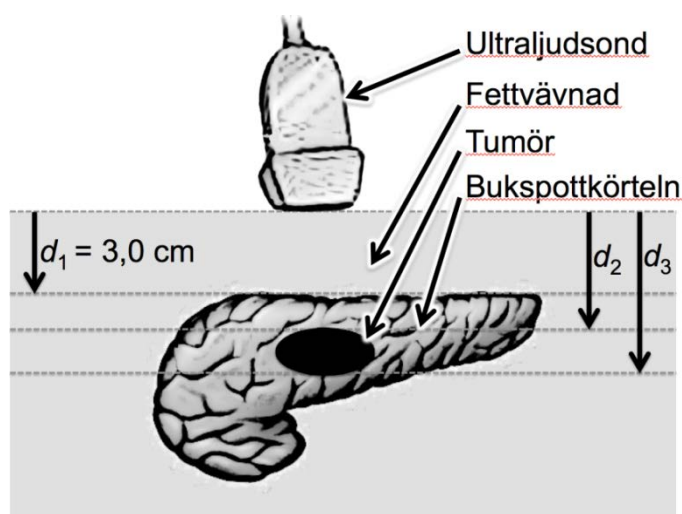
Cellen är i vilotillstånd, varvid det inte sker något nettoflöde av joner genom cellmembranet, och således  $I_M = 0$ . Resistansen  $R_1$  är 1000,0  $\Omega$ .

Bestäm resistansen  $R_2$ .

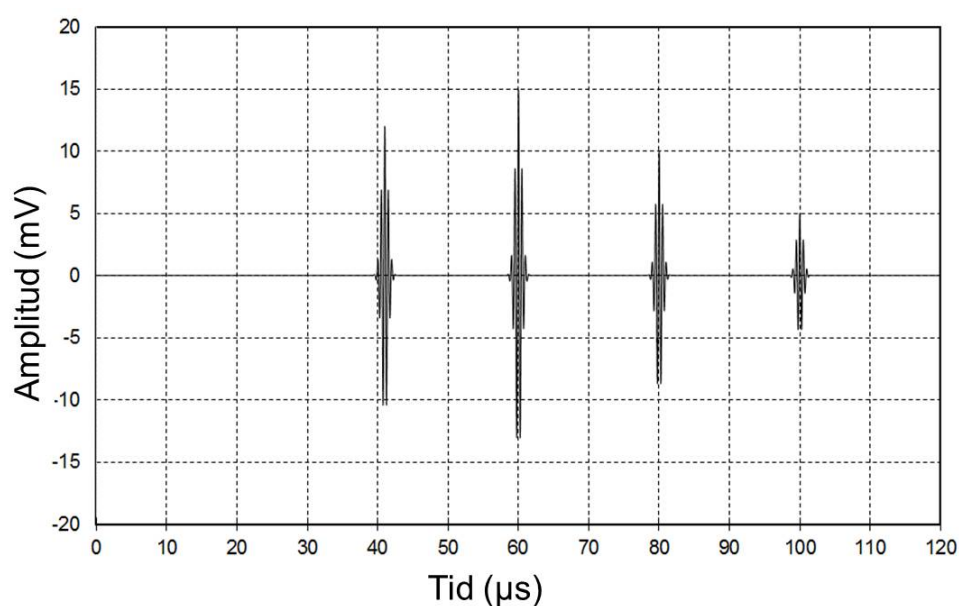
## Uppgift 13

9 p

Vid ultraljudsabbildning placeras en ultraljudssond på huden och den skickar ultraljudspulser (longitudinella vågrörelser) in i patientens kropp (figur A). Då ultraljudspulsen rör sig i vävnaderna möter den gränsskikt mellan olika vävnader, varvid en del av pulsen reflekteras tillbaka till sonden och en del fortsätter djupare in i vävnaderna. De pulser som reflekterats tillbaka till sonden registreras med samma sond, dvs. sonden "avlyssnar" reflektionerna av de utskickade ultraljudspulserna från vävnadernas gränsskikt (figur B). På basis av tidsförskjutningen samt amplituden hos de ultraljudspulser som reflekterats tillbaka till sonden kan man bestämma från vilket djup reflektionen kommit och vilka egenskaper de vävnader, som bildar reflektionens gränsskikt, har. Då en dylik mätning görs på flera ställen bredvid varandra, kan man på basis av kunskap om tidsförskjutningar och amplituder för de enskilda pulsernas reflektioner samt om sondens lokalisering vid varje puls, beräkna koordinaterna och ljusstyrkan för varje bildpunkt, varvid den egentliga ultraljudsbilden uppkommer.



Figur A. En schematisk presentation av ultraljudsabbildning av bukspottkörteln. I figuren visas gränsskikten mellan de olika vävnaderna.



Figur B. Ultraljudspulsen sänds ut vid tidpunkten  $0 \mu\text{s}$ . Figuren anger tryckamplituderna och tidpunkterna då reflektionerna från gränsskikten i figur A registreras av sonden.

Man kan beskriva ultraljudets reflektion från gränsskiktet mellan två vävnader med hjälp av reflektionsfaktorn ( $R$ ). För reflektionsfaktorn gäller följande ekvation, då ultraljudspulsen kommer till gränsskiktet i normalens riktning:

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}.$$

I ekvationen är  $Z_1$  den akustiska impedansen för vävnaden före gränsskiktet och  $Z_2$  den akustiska impedansen för vävnaden efter gränsskiktet. Den akustiska impedansen är en storhet som beskriver vävnadens "motstånd" (resistans) vid ultraljudets fortskridning, i likhet med elläran där impedansen beskriver det motstånd som uppstår i en växelströmskrets. Reflektionskoefficienten är en storhet utan enhet, och den anger hur stor del av ultraljudspulsens amplitud reflekteras tillbaka. Ju större reflektionsfaktorn är, desto större är amplituden hos den reflekterade ultraljudspulsen jämfört med den ursprungliga pulsen.

Med hjälp av reflektionskoefficienten kan man bestämma ultraljudets transmissionskoefficient ( $T$ ), som beskriver hur stor del av amplituden för den ultraljudspuls, som kommit till gränsskiktet, genomtränger det. Summan av reflektionskoefficienten och transmissionskoefficienten är ett:

$$T = 1 - R.$$

Den akustiska impedansen ( $Z$ ) är direkt beroende av vävnadens fysikaliska densitet ( $\rho$ ) och ljudets hastighet i vävnaden ( $c$ ) enligt följande ekvation:

$$Z = \rho c.$$

Vid en idealisk situation förblir ultraljudspulsens amplitud hela tiden konstant, ifall den inte möter gränsskikt mellan vävnader. I verkligheten gäller detta inte, utan ultraljudspulsens amplitud dämpas i vävnader exponentiellt enligt följande dämpningslag

$$p = p_0 e^{-\alpha d},$$

där  $p$  är ultraljudspulsens tryckamplitud vid djupet  $d$ ,  $p_0$  är den ursprungliga ultraljudspulsens tryckamplitud och  $\alpha$  är den lineära dämpningskoefficienten (enhet:  $\text{cm}^{-1}$ ).

Ultraljudsavbildning kan användas för att undersöka strukturella förändringar i olika vävnader, till exempel då en patient har en tumör i bukspottkörteln. Man har på patientens mage (figur A, s. 19) placerat en ultraljudssond som transmitterar ultraljudspulser till bukhålan. Figur A visar en kraftigt förenklad schematisk bild av ultraljudsundersökning av bukspottkörteln och människans anatomi. Den enskilda ultraljudspulsen rör sig först i fettvävnaden, varefter den möter bukspottkörtelns övre yta, där en del av pulsen reflekteras tillbaka och en del fortsätter in i bukspottkörtelvävnaden. I bukspottkörteln fortsätter ultraljudspuls vidare till gränsskiktet mellan bukspottkörteln och tumören, där en del av ultraljudspulsen reflekteras tillbaka och en del fortsätter in i tumörvävnaden och därifrån vidare till de djupare vävnadslagren. Tryckamplituderna för de reflekterade ultraljudspulserna beskrivs i figur B (s. 19).

a) 3 p

Beräkna på vilket djup tumörens övre yta befinner sig i förhållande till hudytan på magen.

b) 6 p

En hur stor andel (%) av tryckamplituden i den ursprungliga ultraljudspulsen, som penetrerat hudens yta, återstår då den kommit fram till det första gränsskiktet mellan bukspottkörteln och tumören (= strax innan den reflekterats från och trängt genom gränsskiktet mellan bukspottkörteln och tumören)?

## Uppgift 14

4 p

Läkaren ger patienten en medicininjektion. Sprutans kolv har en diameter på 8,6 mm. Anta att kolven rör sig friktionsfritt i sprutan.

a) 2 p

Ett hur stort tryck orsakar kolven på vätskan, om läkaren trycker på kolven med kraften 4,4 N?

b) 2 p

Patienten får infusionsvätska via en kanyl ur en behållare som hänger på droppställningen. På vilken höjd är vätskenivån i behållaren i förhållande till kanylen, om trycket i kanylen är 9,4 kPa? Vätskans densitet är  $1042 \text{ kg/m}^3$ .

**FORMELBILAGA (4 sidor, B1-B4)**

Konstanterna och tabellvärdena i formelbilagan antas vara exakta i samband med räkneoperationerna.

- Allmänna gaskonstanten  $R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$
- Avogadros tal  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}/\text{mol}$
- Densiteten för torr luft  $1,29 \text{ kg}/\text{m}^3$  (NTP)
- Faradays konstant  $F = 96,5 \cdot 10^3 \text{ C}/\text{mol}$
- Gravitationsaccelerationen på jordens yta  $9,81 \text{ m}/\text{s}^2$
- Gravitationskonstant  $\gamma = 6,6742 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$
- Densiteten för vatten  $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$  ( $0 \text{ }^\circ\text{C} - 100 \text{ }^\circ\text{C}$ )
- Densiteten för blod  $1050 \text{ kg}/\text{m}^3$
- Densiteten för kvicksilver  $13534 \text{ kg}/\text{m}^3$
- Elektronens laddning  $e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Ljudets hastighet i luft  $334 \text{ m}/\text{s}$
- Ljusets hastighet  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m}/\text{s}$
- Molarvolymen för en idealgas  $V_m = 22,41 \text{ l}/\text{mol}$  (NTP)
- Permittiviteten för vakuum  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F}/\text{m}$
- Plancks konstant  $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4,1357 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$
- Ångbildningsvärme för vatten  $2260 \text{ kJ}/\text{kg}$
- Vattnets specifika värmekapacitet  $4,19 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{kg})$
- Vattnets jonprodukt  $K_w = 1,008 \cdot 10^{-14} (\text{mol}/\text{l})^2$
- $0 \text{ }^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$
- Stefan-Bolzmanns konstant  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$
- $k = 1$  för en svart kropp
- $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
- $1 \text{ curie} = 1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$
- $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$
- proton:  $m_p = 1,6726586 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- neutron:  $m_n = 1,6749543 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- elektron:  $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- atommassenhet:  $m_u = 1,6605655 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- $m_p = 1,0072825 m_u$
- $m_n = 1,0086650 m_u$

$$ax^2 + bx + c = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$K = \frac{[A^-][HB^+]}{[HA][B]}$$

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$$

$$K_a = \frac{[A^-][H^+]}{[HA]}$$

$$pH = pK_a + \lg \frac{[A^-]}{[HA]}$$

$$\frac{[A^-]}{[HA] + [A^-]} = \frac{1}{1 + 10^{(pK_a - pH)}}$$

$$\frac{[HA]}{[HA] + [A^-]} = \frac{1}{1 + 10^{(pH - pK_a)}}$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a \cdot C_{tot}}$$

$$p = \rho gh$$

$$U = RI$$

$$c = Hp_0$$

$$A = 4\pi r^2$$

$$V = (4/3)\pi r^3$$

$$\frac{J_d}{\Delta c} = P = \frac{KD}{\Delta x}$$

$$P = \phi D / \Delta x$$

$$\Delta V = -\frac{RT}{ZF} \ln \frac{c^s}{c^u}$$

$$J = -D \left( \frac{dc}{dx} + Zc \frac{F}{RT} \frac{dV}{dx} \right)$$

$$\Delta V = V_s - V_u = \frac{RT}{F} \ln \frac{P_{Na}c_{Na}^u + P_Kc_K^u + P_{Cl}c_{Cl}^s}{P_{Na}c_{Na}^s + P_Kc_K^s + P_{Cl}c_{Cl}^u}$$

$$\frac{c_K^s}{c_K^u} = \frac{c_{Cl}^u}{c_{Cl}^s}$$

$$(c_{Cl}^u + |Z_p|c_p^u)c_{Cl}^0 = c_K^s c_{Cl}^s$$

$$I = C_m \frac{dE}{dt} + g_{Na}(E - E_{Na}) + g_K(E - E_K) + g_l(E - E_l)$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

$$r = k(\lambda / NA), k = 0,61$$

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B}); \quad F = qvB \sin \alpha$$

$$F = Q_1Q_2 / (4\pi\epsilon_0 r^2)$$

$$F = QE, \quad E = U / d$$

$$F = m\omega^2 r = V(\rho_m - \rho_n)\omega^2 r$$

$$v = F / f = V(\rho_m - \rho_n)\omega^2 r / f$$

$$W = \frac{1}{2}J\omega^2$$

$$v = QE \frac{1}{6\pi r \eta}$$

$$E_s = [Zm_p + Nm_n - m_Y]c^2$$

$$A = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t}$$

$$\lg A = \lg A_0 - (\lg e)\lambda t$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$\lambda_e = \lambda_f + \lambda_b$$

$$T_e = \frac{T_f T_b}{T_f + T_b}, T_b = \frac{T_f T_e}{T_f - T_e}$$

$$A = A_1 e^{-\lambda_1 t} + A_2 e^{-\lambda_2 t}$$

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

$$H = w_R D; \quad H_T = w_R D_T$$

$$E = \sum_R \sum_T w_R w_T D_T; \quad \sum w_T = 1$$

$$E = hf = hc / \lambda; \quad E(\text{eV}) = 1240 / \lambda(\text{nm})$$

$$f = 1 / (2\pi\sqrt{LC})$$

$$v = \sqrt{\gamma RT / M}$$

$$v = \sqrt{E / \rho}$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W / m}^2$$

$$\beta = 10 \lg(I / I_0)$$

$$R = 10 \lg(P_1 / P_2) = 10 \lg(1 / \tau)$$

$$\tau = \frac{\tau_1 A_1 + \tau_2 A_2 + \dots}{A}$$

$$f = f_0 \frac{c}{c \pm v}; \quad f = f_0 \frac{c \pm v}{c}$$

$$F = mv^2 / r$$

$$T = \sqrt{4\pi^2 (r / a)}$$

$$F = m\omega^2 r = \frac{4\pi^2}{T^2} mr$$

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$\phi = \frac{\lambda A \theta}{d}$$

$$q = \frac{\lambda \theta}{d}$$

$$\phi = h \cdot A \cdot \theta$$

$$\theta = T_1 - T_2$$

$$\frac{P}{A} = \sigma T^4; \quad \frac{P}{A} = k\sigma T^4$$

$$h = \frac{1}{2} gt^2$$

$$v = v_0 + gt$$

$$h = v_0 t + \frac{1}{2} gt^2$$

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$T = 2\pi / \omega$$

$$n = 1 / t$$

$$a = v^2 / r$$

$$F = mv^2 / r = m\omega^2 r = (4\pi^2 / T^2) mr$$

$$y(x, t) = y_{\max} \sin(\omega t - kx)$$

$$p(x, t) = p_{\max} \cos(\omega t - kx)$$

$$\beta = (10 \text{ dB}) \lg(I / I_0)$$

$$I = \Phi / \omega = \Phi_{\text{tot}} / 4\pi$$

$$E = \Phi / A$$

$$L = I / A; \quad [L] = \text{cd/m}^2 = 1 \text{ Nit} = 1 \text{ nitt}$$

$$L = I_g / (A \cos \varepsilon)$$

$$(n_1 / a) + (n_2 / b) = (n_2 - n_1) / r$$

$$f_2 = [(n_2 - n_1)r + n_1 r] / (n_2 - n_1) = f_1 + r$$

$$(f_1 / f_2) = (n_1 / n_2)$$

$$I = I_0 e^{-\alpha d}$$

$$pV = nRT$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$V = V_0 (1 + \alpha_v \Delta T)$$

$$p = p_0 (1 + \alpha_p \Delta T)$$

$$Q = c_p m \Delta T$$

$$W = \gamma \Delta A$$

$$W = F \Delta l$$

$$\frac{E_k}{V} = \frac{\frac{1}{2} mv^2}{V} = \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$\frac{E_p}{V} = \frac{mgh}{V} = \rho gh$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{Fs}{As} = \frac{W}{V}$$

$$c = \sqrt{(\Delta p / \Delta V)(V / p)}$$

$$F = (EA / l)(\Delta l)$$

$$R = \Delta p / q_v = 8\eta L / \pi r^4$$

$$PRU = \Delta p (\text{mmHg}) / q_v (\text{ml/s})$$

$$PVR = 80(PA_m - LA_m) / V_p$$

$$SVR = 80(AO_m - RA_m) / V_p$$

$$q_v = \frac{\pi \Delta p R^4}{8\eta L}$$

$$\text{Re} = \frac{\rho v R}{\eta}$$

$$v' = \frac{2(\rho - \rho_0)gr^2}{9\eta}$$

$$W = Fs$$

$$E_p = mgh$$

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

$$E_r = \frac{1}{2} J \omega^2$$

$$P = W / t$$

$$\eta = W_a / W_o$$

$$\eta = (W_a / t) / (W_o / t) = P_a / P_o$$

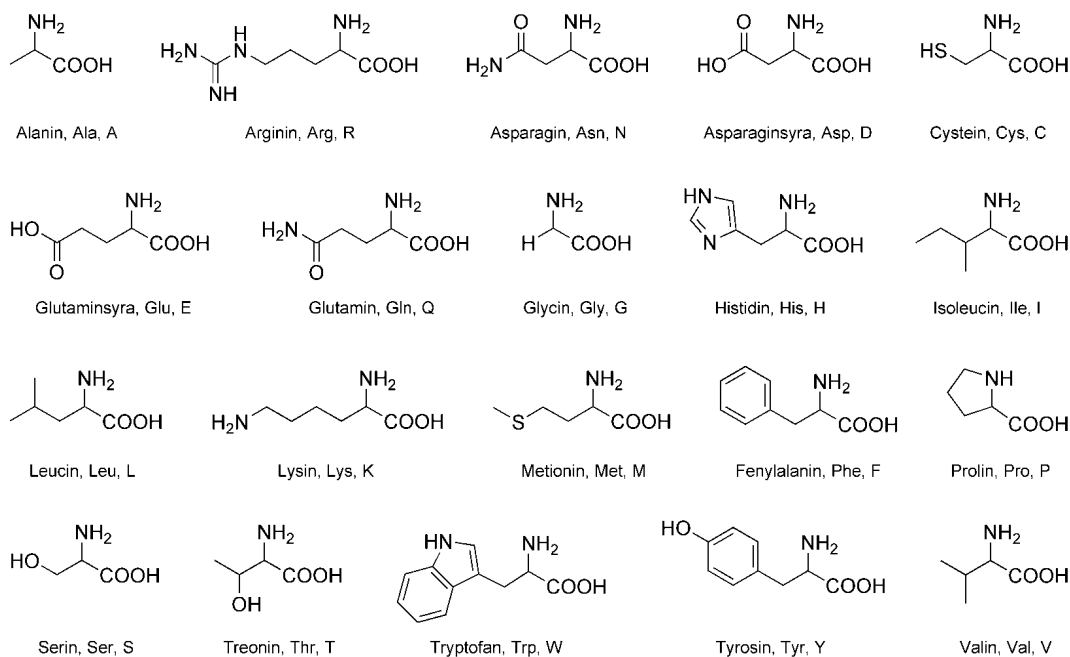
$$TT - \text{enhet} = 1000 \frac{\mu(x, y, z) - \mu_{\text{vatten}}}{\mu_{\text{vatten}}}$$

$$M = F \cdot r$$

$$E_{\text{pot}} = qU$$

|                            |                            |                            |                             |                             |                             |                             |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                             |                             |                             |                              |                              |                              |                              |                              |                              |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1                          | 2                          | 3                          | 4                           | 5                           | 6                           | 7                           | 8                          | 9                          | 10                         | 11                         | 12                         | 13                         | 14                         | 15                          | 16                          | 17                          | 18                           |                              |                              |                              |                              |                              |
| I                          | II                         | IIIb                       | IVb                         | Vb                          | VIb                         | VIIb                        | VIIIb                      |                            |                            | Ib                         | IIb                        | III                        | IV                         | V                           | VI                          | VII                         | VIII                         |                              |                              |                              |                              |                              |
| <sup>1</sup> H<br>1.0079   |                            |                            |                             |                             |                             |                             |                            |                            |                            |                            |                            | <sup>2</sup> He<br>4.0026  |                            |                             |                             |                             |                              |                              |                              |                              |                              |                              |
| <sup>3</sup> Li<br>6.9412  | <sup>4</sup> Be<br>9.0121  |                            |                             |                             |                             |                             |                            |                            |                            |                            |                            | <sup>5</sup> B<br>10.811   | <sup>6</sup> C<br>12.010   | <sup>7</sup> N<br>14.006    | <sup>8</sup> O<br>15.999    | <sup>9</sup> F<br>18.998    | <sup>10</sup> Ne<br>20.179   |                              |                              |                              |                              |                              |
| <sup>11</sup> Na<br>22.989 | <sup>12</sup> Mg<br>24.305 |                            |                             |                             |                             |                             |                            |                            |                            |                            |                            | <sup>13</sup> Al<br>26.981 | <sup>14</sup> Si<br>28.085 | <sup>15</sup> P<br>30.973   | <sup>16</sup> S<br>32.065   | <sup>17</sup> Cl<br>35.453  | <sup>18</sup> Ar<br>39.948   |                              |                              |                              |                              |                              |
| <sup>19</sup> K<br>39.098  | <sup>20</sup> Ca<br>40.078 | <sup>21</sup> Sc<br>44.955 | <sup>22</sup> Ti<br>47.867  | <sup>23</sup> V<br>50.941   | <sup>24</sup> Cr<br>51.996  | <sup>25</sup> Mn<br>54.938  | <sup>26</sup> Fe<br>55.845 | <sup>27</sup> Co<br>58.933 | <sup>28</sup> Ni<br>58.693 | <sup>29</sup> Cu<br>63.546 | <sup>30</sup> Zn<br>65.409 | <sup>31</sup> Ga<br>69.723 | <sup>32</sup> Ge<br>72.641 | <sup>33</sup> As<br>74.921  | <sup>34</sup> Se<br>78.963  | <sup>35</sup> Br<br>79.904  | <sup>36</sup> Kr<br>83.798   |                              |                              |                              |                              |                              |
| <sup>37</sup> Rb<br>85.467 | <sup>38</sup> Sr<br>87.621 | <sup>39</sup> Y<br>88.905  | <sup>40</sup> Zr<br>91.224  | <sup>41</sup> Nb<br>92.906  | <sup>42</sup> Mo<br>95.942  | <sup>43</sup> Tc<br>98.906  | <sup>44</sup> Ru<br>101.07 | <sup>45</sup> Rh<br>102.90 | <sup>46</sup> Pd<br>106.42 | <sup>47</sup> Ag<br>107.86 | <sup>48</sup> Cd<br>112.41 | <sup>49</sup> In<br>114.81 | <sup>50</sup> Sn<br>118.71 | <sup>51</sup> Sb<br>121.76  | <sup>52</sup> Te<br>127.60  | <sup>53</sup> I<br>126.90   | <sup>54</sup> Xe<br>131.29   |                              |                              |                              |                              |                              |
| <sup>55</sup> Cs<br>132.90 | <sup>56</sup> Ba<br>137.32 | <sup>57</sup> La<br>138.90 | <sup>72</sup> Hf<br>178.49  | <sup>73</sup> Ta<br>180.94  | <sup>74</sup> W<br>183.84   | <sup>75</sup> Re<br>186.20  | <sup>76</sup> Os<br>190.23 | <sup>77</sup> Ir<br>192.21 | <sup>78</sup> Pt<br>195.08 | <sup>79</sup> Au<br>196.96 | <sup>80</sup> Hg<br>200.59 | <sup>81</sup> Tl<br>204.38 | <sup>82</sup> Pb<br>207.21 | <sup>83</sup> Bi<br>208.98  | <sup>84</sup> Po<br>208.98  | <sup>85</sup> At<br>209.98  | <sup>86</sup> Rn<br>222.01   |                              |                              |                              |                              |                              |
| <sup>87</sup> Fr<br>223.01 | <sup>88</sup> Ra<br>226.02 | <sup>89</sup> Ac<br>227.02 | <sup>104</sup> Rf<br>261.10 | <sup>105</sup> Db<br>262.11 | <sup>106</sup> Sg<br>266.12 | <sup>107</sup> Bh<br>264.12 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                             |                             |                             | <sup>113</sup> Uut<br>261.10 | <sup>114</sup> Uuq<br>261.10 | <sup>115</sup> Uup<br>261.10 | <sup>116</sup> Uuh<br>261.10 | <sup>117</sup> Uus<br>261.10 | <sup>118</sup> Uuo<br>261.10 |
| Lantanoider                |                            |                            |                             | <sup>58</sup> Ce<br>140.11  | <sup>59</sup> Pr<br>140.90  | <sup>60</sup> Nd<br>144.24  | <sup>61</sup> Pm<br>146.91 | <sup>62</sup> Sm<br>150.36 | <sup>63</sup> Eu<br>151.96 | <sup>64</sup> Gd<br>157.25 | <sup>65</sup> Tb<br>158.92 | <sup>66</sup> Dy<br>162.50 | <sup>67</sup> Ho<br>164.93 | <sup>68</sup> Er<br>167.25  | <sup>69</sup> Tm<br>168.93  | <sup>70</sup> Yb<br>173.04  | <sup>71</sup> Lu<br>174.96   |                              |                              |                              |                              |                              |
| Aktinoider                 |                            |                            |                             | <sup>90</sup> Th<br>232.03  | <sup>91</sup> Pa<br>231.03  | <sup>92</sup> U<br>238.02   | <sup>93</sup> Np<br>237.04 | <sup>94</sup> Pu<br>244.06 | <sup>95</sup> Am<br>243.06 | <sup>96</sup> Cm<br>247.07 | <sup>97</sup> Bk<br>247.07 | <sup>98</sup> Cf<br>251.07 | <sup>99</sup> Es<br>252.08 | <sup>100</sup> Fm<br>257.09 | <sup>101</sup> Md<br>258.09 | <sup>102</sup> No<br>259.10 | <sup>103</sup> Lr<br>260.10  |                              |                              |                              |                              |                              |

### Aminosyrorna i sina grundformer:



Densitet, ultraljudets hastighet, akustisk impedans och ultraljudets dämpningsfaktor för olika vävnadstyper, luft och vatten:

|                      | Densitet<br>( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) | Ljudets hastighet<br>(m/s) | Akustisk impedans<br>( $\cdot 10^6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) | Dämpningsfaktor<br>( $\text{cm}^{-1}$ ) |
|----------------------|---|----------------------------|--|---|
| Luft                 | 1,20  | 345                        | 0,00041  | 137,00                                  |
| Vatten               | 1000  | 1520                       | 1,52   | 0,00001                                 |
| Fettvävnad           | 920   | 1470                       | 1,35   | 6,91                                    |
| Hjärnvävnad          | 1030  | 1570                       | 1,62   | 9,79                                    |
| Njurvävnad           | 1040  | 1558                       | 1,62   | 8,98                                    |
| Bukspottkörtelvävnad | 1100  | 1560                       | 1,72   | 11,17                                   |
| Levervävnad          | 1570  | 1570                       | 2,45   | 11,05                                   |
| Benvävnad            | 1800  | 3700                       | 6,66   | 218,75                                  |



## Syra- och baskonstanter

| Syrakonstanter                              |                                      | Baskonstanter                                 |                                      |
|---|--------------------------------------|---|--------------------------------------|
| Formel                                      | $K_a$ (25 °C)<br>mol/dm <sup>3</sup> | Formel  | $K_b$ (25 °C)<br>mol/dm <sup>3</sup> |
| HClO <sub>4</sub>                           | n. 10 <sup>10</sup>                  | OH <sup>-</sup>                               | 55                                   |
| HI  | n. 10 <sup>9</sup>                   | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>                 | 2,3 · 10 <sup>-2</sup>               |
| HBr   | n. 10 <sup>8</sup>                   | S <sup>2-</sup>                               | 1,0 · 10 <sup>-2</sup>               |
| HCl   | n. 10 <sup>7</sup>                   | (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH            | 5,2 · 10 <sup>-4</sup>               |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>              | n. 10 <sup>3</sup>                   | CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>               | 4,4 · 10 <sup>-4</sup>               |
| H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>               | 55                                   | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>                 | 2,1 · 10 <sup>-4</sup>               |
| HNO <sub>3</sub>                            | 22                                   | (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N             | 5,5 · 10 <sup>-5</sup>               |
| HIO <sub>3</sub>                            | 0,17                                 | CN <sup>-</sup>                               | 2,5 · 10 <sup>-5</sup>               |
| (COOH) <sub>2</sub>                         | 6,5 · 10 <sup>-2</sup>               | NH <sub>3</sub>                               | 1,8 · 10 <sup>-5</sup>               |
| CHCl <sub>2</sub> COOH                      | 3,3 · 10 <sup>-2</sup>               | HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                | 1,6 · 10 <sup>-7</sup>               |
| H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>              | 1,3 · 10 <sup>-2</sup>               | SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>                 | 1,6 · 10 <sup>-7</sup>               |
| HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>               | 1,0 · 10 <sup>-2</sup>               | HS <sup>-</sup>                               | 1,1 · 10 <sup>-7</sup>               |
| H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>              | 7,1 · 10 <sup>-3</sup>               | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                 | 2,3 · 10 <sup>-8</sup>               |
| HF  | 6,8 · 10 <sup>-4</sup>               | C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N               | 1,4 · 10 <sup>-9</sup>               |
| HNO <sub>2</sub>                            | 4,5 · 10 <sup>-4</sup>               | CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>              | 5,6 · 10 <sup>-10</sup>              |
| HCOOH                                       | 1,6 · 10 <sup>-4</sup>               | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub> | 3,8 · 10 <sup>-10</sup>              |
| C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH          | 6,5 · 10 <sup>-5</sup>               | C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>   | 2,0 · 10 <sup>-10</sup>              |
| CH <sub>3</sub> COOH                        | 1,8 · 10 <sup>-5</sup>               | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>                  | 2,2 · 10 <sup>-11</sup>              |
| H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>              | 4,3 · 10 <sup>-7</sup>               | F <sup>-</sup>                                | 1,5 · 10 <sup>-11</sup>              |
| CH <sub>2</sub> (NH <sub>2</sub> )COOH      | 2,3 · 10 <sup>-7</sup>               | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>   | 1,4 · 10 <sup>-12</sup>              |
| H <sub>2</sub> S                            | 1,0 · 10 <sup>-7</sup>               | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                 | 1,0 · 10 <sup>-12</sup>              |
| HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>               | 6,3 · 10 <sup>-8</sup>               | HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                 | 7,7 · 10 <sup>-13</sup>              |
| H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | 6,2 · 10 <sup>-8</sup>               | H <sub>2</sub> O                              | 1,8 · 10 <sup>-16</sup>              |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>                | 5,6 · 10 <sup>-10</sup>              | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                  | n. 5 · 10 <sup>-16</sup>             |
| HCN   | 4,0 · 10 <sup>-10</sup>              | HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>                 | n. 10 <sup>-17</sup>                 |
| C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH            | 1,3 · 10 <sup>-10</sup>              | Cl <sup>-</sup>                               | n. 10 <sup>-21</sup>                 |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>               | 4,7 · 10 <sup>-11</sup>              | Br <sup>-</sup>                               | n. 10 <sup>-22</sup>                 |
| HS <sup>-</sup>                             | 1,0 · 10 <sup>-12</sup>              | I <sup>-</sup>                                | n. 10 <sup>-23</sup>                 |
| H <sub>2</sub> O                            | 1,8 · 10 <sup>-16</sup>              | ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>                 | n. 10 <sup>-24</sup>                 |