

# DET MEDICINSKA URVALSPROVET

26.5.2010

## UPPGIFTSKOMPENDIUM

Detta är urvalsprovets uppgiftskompodium. Kompodiumet innehåller ett textmaterial, introduktioner till uppgifterna, urvalsuppgifterna och som bilaga en formelsamling samt tabellinformation.

Förutsättningarna för att kunna lösa uppgifterna är att man behärskar och kan tillämpa den information som finns i urvalsprovsboken, i uppgiftskompodiumets textmaterial och introduktionstexter och i formlerna och tabellerna. Informationen i introduktionstexterna kan även höra ihop med andra än de uppgifter eller uppgiftsserier som följer direkt efter texten. Bekanta dig omsorgsfullt med uppgiftskompodiumet och dess bilaga.

Förutom uppgiftskompodiumet har du fått ett separat svarskompodium, som innehåller separata svarsutrymmen för varje uppgift. Skriv ditt svar med tydlig handstil i det utrymme som reserverats för varje uppgift i svarskompodiumet. **Text som är otydligt skriven, eller som överskrider det linjerade utrymmet (endast en skriven rad per linje!), eller text som överskrider marginallinjeringen för svarsutrymmet beaktas inte vid bedömningen.** Vid lösning av räkneuppgifter används de talvärden för konstanterna som finns i bilagan. Som svar bör anges de räkneoperationer som leder till slutresultatet. Enbart ett numeriskt resultat räcker inte som svar. Ifall man i uppgiften inte angivit annat, bör det numeriska slutresultatet anges på basen av det minst exakta värdet som getts i uppgiften.

Bedömningen av svaren baserar sig på urvalsprovsboken samt på det uppgiftskompodium med bilaga som delats ut vid urvalsförhöret. Vid poängsättningen av svaren beaktas förutom sakkunskapens och lösningarnas riktighet också hur logiska och tydliga svaren är.

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

\*\*\*\*\*

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

Kontrollera att det uppgiftskompodium du erhållit utöver pärmbudet innehåller textmaterial- och uppgiftsidorna 1-12, formelbilagasidorna 1-4 och att svarskompodiumet innehåller ett pärmbudet plus sidorna 1-14.

Ange dina personuppgifter på varje sida i svarskompodiumet genast då provet börjar. **Endast de sidor bedöms, på vilka den sökande skrivit sina personuppgifter före provets slut.** Det är förbjudet att skriva något efter att provtillfället avslutats tills det att svarskompodiumet returnerats.

Returneringen av svarskompodiumet sker enligt anvisningar från övervakaren.

### Textmaterial

Med inandningsluften kommer för hälsan skadliga ämnen såsom mikrober, luftburna småpartiklar och andra främmande ämnen till lungorna. Man kan också dosera läkemedel via luftvägarna. För lokalbehandling av vissa lungsjukdomar, t.ex. astma, har det redan länge funnits aerosoler innehållande t.ex. salbutamol, som utvidgar luftrören, eller kortikosteroider, som verkar inflammationshämmande. För lokalbehandling av lungvävnaden är läkemedel som tas via luftvägarna effektivare i jämförelse med t.ex. läkemedel som intas oralt och via blodomloppet kommer till lungvävnaden. Detta beror på att tarmens och leverns enzymer bryter ner en del av läkemedlen innan de kommer till det allmänna blodomloppet. Denna s.k. första fasens metabolism minskar halten av läkemedel som når vävnaden. Dosering genom andningsvägarna direkt till målvävnaden och de mindre läkemedelsdoserna minskar också läkemedlens biverkningar.

Luftvägarnas väggar täcks av ett tunt slemskikt i vilket partiklarna i andningsluften lätt fastnar. Slemhinnans flimmerhår rör sig rytmiskt och för slemskiktet mot svalget. Slemmet med partiklarna som fastnat i det endera sväljs eller hostas upp. En del av de främmande ämnena och läkemedlen fastnar i lungalveolernas väggar och verkar lokalt. Andra tränger genom epitelcellerna och kommer in i blodomloppet eller lymfaomloppet och kan därför inverka på andra ställen i organismen. Vid fysisk ansträngning ökar ventilationen och andningen genom munnen tilltas, vilket underlättar småpartiklarnas transport samt att de förblir kvar i luftvägarna.

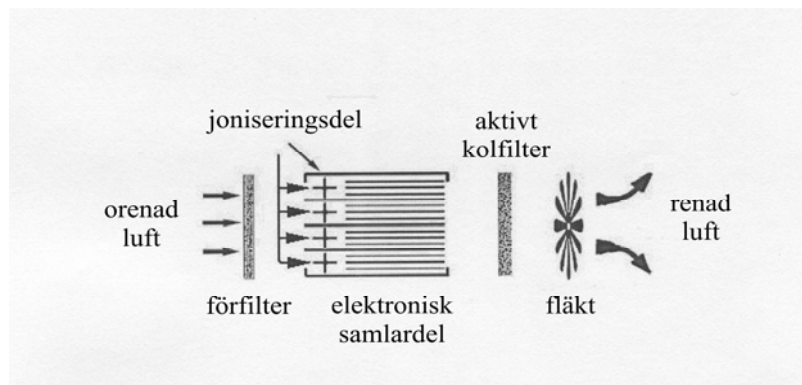
Partiklarna som kommer med inandningsluften har varierande storlek, form och sammansättning. Partiklar vars diameter är  $> 0,4$  mm kallas stora partiklar och partiklar med mindre diameter kallas småpartiklar. De allra minsta partiklarna (diametern  $< 0,1$   $\mu\text{m}$ ) kallas nanopartiklar. Inom medicinen kallar man dock allmänt även lite större läkemedelspartiklar, som kan inandas (diametern  $0,2$ - $0,3$   $\mu\text{m}$ ) för nanopartiklar. Partiklarna blir kvar i luftvägarnas väggar genom att de fastnar, sedimenterar eller diffunderar genom slem- och vätskeskikten som täcker luftvägarna och lungalveolerna. Partiklarnas storlek och aerodynamiska form inverkar på hur de rör sig med luftströmmen och hur de kommer in i organismen. För att komma till de minsta luftvägarna och

lungalveolerna får inte partiklarna vara för stora (stora partiklar), men för att sedimentera måste å andra sidan deras massa vara tillräckligt stor. Stora partiklar och en del av småpartiklarna fastnar och sedimenterar redan i slemskiktet som täcker nässvalget och de stora luftrörens väggar. De kommer således inte ner i de nedre luftvägarna och lungalveolerna och deras inverkan för organismen förblir liten. Största delen av de allra minsta nanopartiklarna kommer vid inandningen ända ner till lungalveolerna, men p.g.a. den lilla storleken och massan varken fastnar de eller sedimenterar, utan avlägsnas vid utandningen. Vid långvarig andning av luft som innehåller orenheter ökar ansamlingen av partiklar av alla storlekar i lungalveolerna och den övriga lungvävnaden.

Inomhusluften kan renas med luftkonditioneringsanordningar och luftrenare. Vanligen består en luftrenare av tre partikelsamlade delar (figur 1). Med ett mekaniskt förfilter avlägsnas de största partiklarna, med den elektroniska samlardelen avlägsnas partiklar vars storlek är  $< 0,30 \mu\text{m}$ , och

med ett filter av aktivt kol kan t.ex. luktmolekyler avlägsnas.

Med jonisatorn som finns i den elektroniska samlardelen joniseras partiklarna med en spänning på flera kV och styrs därefter till utrymmet mellan de metalliska samlarskivorna.



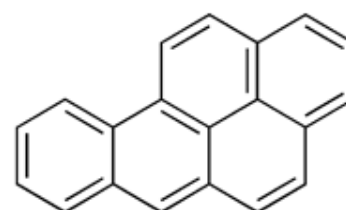
Figur 1. Luftrenarens delar och funktionsprincip

De främmande ämnena som kommit in i luftvägarna orsakar vänadsretningar, inflammationsreaktioner, immunologiska responser och andra vävnadsförändringar.

Makrofagerna kan inte fagocytera fibrösa partiklar, vilka dessutom kan hämma makrofagernas rörelseförmåga. Därmed kan sådana partiklar hållas länge kvar i organismen, belasta vävnaden och öka sannolikheten för skadliga responser. I de biokemiska reaktionerna, medräknat inflammationsreaktionerna, kan det uppstå mutagena och cancerframkallande reaktiva ämnen. De reaktiva föreningarna kan ändra äggviteämnenas struktur och antigenicitet, orsaka cell- och vävnadsskador samt orsaka inflammation i luftrören, lungalveolerna och blodkärlens väggar.

Som en följd av dessa förändringar kan lungornas skyddsmekanismer mot nya irriterande faktorer försämrats och de lokala förändringarna spridas med hjälp av inflammationsmediatorer till hela kroppen. De främmande ämnena som blivit kvar i andningsvägarna orsakar lokala förändringar, men främmande ämnen som kommit till andra ställen i kroppen kan orsaka liknande förändringar i andra vävnader och organ. Som exempel på lungsjukdomar orsakade av främmande ämnen kan man nämna luftvägsinfektioner förorsakade av mikrober, astma förorsakad av pollen eller luftföroreningar, kronisk obstruktiv lungsjukdom och eventuellt lungcancer förorsakade av tobaksrökning samt stendammslunga och asbestos.

Förändringar i arvsanlaget och cancer kan förorsakas av luftburna radioaktiva isotoper som t.ex. vid en kärnkraftsverksolycka kommit ut i atmosfären. På befolkningsnivån utgör dock skadliga partiklar som uppstår vid ofullständig förbränning ett större problem. Långvarig exponering för småpartiklar som härstammar från trafiken och hushållens vedförbränning är sannolikt upphovet till de flesta hälsoproblemen i Finland. Röken från små eldstäder som eldas med ved innehåller förhållandevis mycket sot och oorganiska föreningar. Partiklarna i denna rök har typiskt en diameter på 2-200 nm. Småpartiklarna är ofta mycket reaktiva, eftersom de har en stor aktiv area. Orenheterna i gasform som frigörs i atmosfären, såsom svaveldioxid ( $\text{SO}_2$ ), kvävetoxider ( $\text{NO}_x$ ) och ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), bildar vid reaktioner med atmosfärens andra ämnen s.k. sekundärpartiklar, av vilka den största delen utgörs av ammoniumsulfat och ammoniumnitrat. Till fasta partiklar, såsom sotpartiklar, kan det bindas hundratals olika giftiga och allergiframkallande kolväten, tungmetaller och sekundärpartiklar. En del partiklar innehåller cancerframkallande ämnen, t.ex. polycykliska aromatiska kolväten, d.v.s. PAH-föreningar. En del av PAH-föreningarna är carcinogena och mutagena, en del är också teratogena. En typisk PAH-förening är benzo(a)pyren (figur 2).



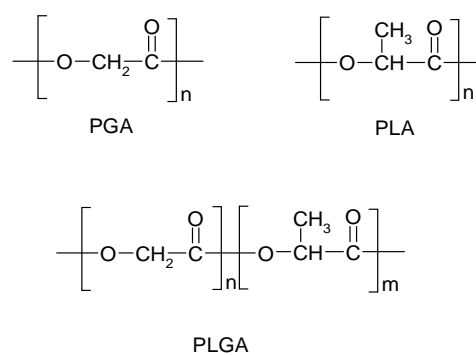
Figur 2. Benzo(a)pyren

Vid tillverkning av nanoläkemedel kan läkemedlet upplösas, torkas och malas till partiklar med diametern 10-500 nm. Sådana partiklar tenderar att aggregera till större partiklar. För dosering via andningsvägarna är 2-10  $\mu\text{m}$  en lämplig aggregatdiameter, eftersom partiklarna då har en

tillräcklig massa och ofta också en lämplig aerodynamisk form. Av nanoläkemedlet och det s.k. bärarämnet kan man också bilda komplex, vilka som sådana eller som aggregat är av lämplig storlek för att doseras via andningsvägarna. Som bärarämne kan man använda t.ex. laktos, mannitol, liposomer, lektiner eller olika biologiskt nedbrytbara polymerer. Förutom att komplexerna rör sig väl med luftströmmen och sedimenterar, skyddar de också (liksom själva bärarämnet) läkemedel med peptidstruktur för lungvävnadens proteolytiska enzymer. Vid lungalveolernas väggar, eller i mindre omfattning också vid andningsvägarnas väggar, nedbryts partikelaggregaten, varvid läkemedel eller komplex frigörs. Tack vare den lilla storleken har de frigjorda partiklarna sammanlagt en stor aktiv area. Detta ökar partiklarnas löslighet i lungalveolväggens vätskeskikt och i epitelet, varvid koncentrationen av dem växer, vilket ökar diffusionskapaciteten för passage genom alveolkapillärmembranen bestående av lungalveolernas och lungkapillärernas väggar. Inom kroppen kan bärarmolekylerna öka nanoläkemedlets effekt genom att ändra dess farmakokinetiska egenskaper. Bärarämnet kan också kopplas samman med andra nanopartiklar eller molekyler, t.ex. antikroppar, som hjälper att styra läkemedlet specifikt till målvävnaden.

En liposom är en vesikel, vars membran påminner om cellmembranens dubbla fosfolipidskikt. Liposomens struktur är stabil i organismens vattenhaltiga miljö. Liposomer med liten storlek (diametern 100-300 nm) kan användas som bärarämnen, så att läkemedlet inkapslas endera i vattenfasen inne i liposomen eller i liposomens membran. I polymera nanopartiklar kan läkemedlet vara fördelat i partikelns polymerskal eller befinna sig i partikelns kärna innanför skalet.

Bionedbrytbara polymerer som används i nanopartiklar är syntetiska polystrar polyglykolsyra (PGA), polylaktid (PLA) och polylaktidglykolid (PLGA) (figur 3).



Figur 3. Molekylstrukturerna för PGA, PLA och PLGA

Många fysikaliska, kemiska och biologiska faktorer förhindrar att partiklar som fastnat och sedimenterat kommer vidare från andningsvägarna och lungalveolerna till andra vävnader i organismen. I de övre andningsvägarna är sådana faktorer bl.a. slemskiktet och olika kataboliska enzymer. Fasta partiklar, exempelvis sot och mineraler, som kommit med inandningsluften till lungalveolerna hamnar till stor del i makrofagerna. För att komma in i epitelcellerna, eller genom dem till organismen, måste partiklarna lösa sig i vätskeskiktet som täcker andningsvägarnas väggar, eller i cellmembranen och dessutom diffundera genom cellmembranen och slutligen genom hela alveolkapillärmembranen. Fettlösliga organiska föreningar (t.ex. PAH-föreningarna) överförs med lätthet till cellmembranen och cellorganellernas fosfolipidmembran, varifrån de avlägsnas avsevärt långsammare än vattenlösliga föreningar. Många partiklar, vars löslighet är dålig, kan hamna i cellerna genom endocytos, eller genom cellerna till blodomloppet med transcytos. Om det av partiklarna bildas vattenlösliga föreningar (såsom oorganiska salter) kommer de lättare in i kroppen. Det finns belägg för att salter löser sig och späds ut relativt snabbt i vätskeskiktet som täcker andningsvägarna och lungalveolerna, och att de därefter diffunderar till blodomloppet genom epitelcellerna eller till vävnadsvätskan genom intill varandra belägna epitelcellers vidfästningsställen. Genom att packa nanoläkemedlen i liposomer, som tack vare sin fettlöslighet med lätthet passerar cellmembranen, kan man förbättra deras transport genom epitelcellerna och vidare till måcellerna.

Makrofagerna fagocyterar och nedbryter bakterier bl.a. med hjälp av väteperoxid. Det samma gäller även stora partiklar som löser upp sig långsamt samt proteiner. Små peptidmolekyler kan spjälkas av proteolytiska enzymer. När peptidernas massa växer blir deras struktur å andra sidan mera invecklad, varvid enzymerna inte så lätt kan komma åt att spjälka dem. Proteinerna färdas sämre då molekylnmassan ökar, och proteiner med en storlek över 150 kDa har svårt att komma in i blodomloppet. Peptidmolekyler med liten storlek kan med hjälp av transcytos och speciella proteintransportörer transporteras genom epitelcellerna.

Nanopartiklar når blodomloppet endera direkt genom alveolkapillärmembranen eller via lymfaomloppet. Från blodet kan de komma in i endotelcellerna och/eller transporteras med blodet till vävnader med riklig blodcirkulation, d.v.s. hjärtat, hjärnan, levern, benmärgen och njurarna. En del av de skadliga ämnena kan bli kvar i organismen en lång tid eller för alltid, en

del (också av läkemedlen) metaboliseras i levern och en del avlägsnas via njurarna till urinen. Exponering för de tidigare nämnda PAH-föreningarna kan undersökas i urinen, där man kan finna ett flertal av deras metaboliska produkter, exempelvis 1-metoxypyren. Till sin struktur är denna en fenol, bestående av fyra fusionerade benzenringar och en hydroxylgrupp i 1-position. Med hjälp av en kromatografisk metod och fluorescensdetektor kan man separera 1-hydroxypyren från urinprovets andra föreningar och bestämma dess koncentration.

Även om små peptider relativt lätt går genom epitelcellerna till blodomloppet, är de mycket känsliga för lungvävnadens proteolytiska enzymer, vilket har utgjort en utmaning för användningen av peptidaerosoler i medicinskt syfte. Under alla omständigheterna är förhållandena för absorptionen av läkemedel gynnsammare i lungorna än i mag- och tarmkanalen, i vilken nanoläkemedlen måste skyddas mycket effektivare mot nedbrytande faktorer. Efter en dosering av peptidnanoläkemedel via andningsvägarna stiger koncentrationen av läkemedlet i plasmat nästan omedelbart, medan detta efter dosering via mag- och tarmkanalen eller via injektion i underhudsvävnaden eller i muskeln sker långsammare.

Alveolkapillarmembranens stora totala yta och den korta diffusionssträckan bidrar till att halten i plasmat stiger snabbt. Därmed kan man minska på läkemedlets dosering, förutsatt att läkemedlet inte nedbryts innan det absorberats till blodomloppet. Den lokala effekten (ifall detta är vad man vill uppnå), den snabba absorptionen och den jämfört med injektioner enkla doseringen är orsaker till att utvecklingsarbetet av aerosolnanoläkemedlen är intensivt.

Insulin är ett peptidhormon, ut av vilket man utvecklat en nanomedicin som doseras via andningsvägarna. Medicinen har prövats på människor som diabetesbehandling. När man jämförde glukoshalten hos de som fick inhalerbart nanoinsulin med dem som fick insulin som injektion i under huden, fann man att nanoinsulinet verkade nästan omedelbart efter doseringen, alltså mycket snabbare än hos dem som fick doseringen som injektion. Dessvärre var insulinhalten i plasmat efter doseringen lägre än väntat, vilket tillsammans med de tekniska problemen för att få nanoinsulinet att blandas till aerosol i doseringsapparaten och de höga framställningskostnaderna gjorde att man tills vidare gett upp användningen av insulin i aerosolform.

Av insulin har man också utvecklat en nanomedicin som doseras som tablett via matsmältningskanalen. Denna har man provat på råttor med diabetes. Nanoinsulintabletten skiljer sig fullständigt från tablettmedicineringen som är i användning, i vilken man försöker öka insulinutsöndringen från bukspottskörteln eller öka vävnadernas insulinkänslighet. Den av insulin och en bionedbrytbar polymer framställda nanomedicinen bryts inte ner av matsmältningskanalens proteolytiska enzymer, utan absorberas oförändrad till blodomloppet. Polymeren börjar nedbrytas först i blodomloppet och frigör insulin när blodets glukoshalt är förhöjd. Nedbrytningen av polymeren sker långsammare när glukoshalten sjunker, varvid insulinet också frigörs långsammare. Med en enda insulindos via matsmältningskanalen fick man glukoshalten att hållas jämn under flera dagar oberoende av hur mycket näring råttorna intog. För människor skulle en sådan behandlingsform minska behovet att följa med glukoshalten och man skulle också kunna undvika hypo- och hyperglykemierna som orsakas av för stora respektive för små insulindoser. När insulinbehandlingen ges i form av injektioner måste man bestämma den rätta doseringen genom att relativt ofta mäta blodets glukoshalt. Dessutom måste man följa en noggrann diet, så att den intagna näringsmängden är i rätt proportion till insulindosen.

De skadliga partiklarnas inverkan på hälsan baserar sig till stor del på deras lilla storlek och därför de kommer lätt från omgivningen till vävnaderna och kommer åt att verka i kroppen. Man har lärt sig att allt effektivare utnyttja nanoteknologiskt framställda mediciner av samma storleksklass för behandling av sjukdomar.



## Uppgifter

### Uppgift 1

**13 poäng**

Fyll i de numrerade ord (substantiv eller adjektiv), som saknas i texten nedan och som är märkta med ett streck, i tabellen i svarskompendiet. Varje numrerat utrymme i tabellen skall innehålla endast ett ord. Om utrymmet innehåller fler än ett ord tolkas det som fel svar.

*TEXT:*

Växtrikets lektiner är glykoproteiner som binder till specifika kolhydratmolekyler på cellytan i kroppen. Därför kan lektinerna användas som bärarmolekyler med vävnadsspecificitet för exempelvis oralt administrerade läkemedel. Lektinerna som används är inte antigena, dvs de ger inte upphov till (1)\_\_\_\_\_. Lektinerna är inte heller känsliga för matsmältningskanalens proteaser, t.ex. för enzymet (2)\_\_\_\_\_ som bildas i magsäcken. I tunntarmen ökas bindningsarean för lektiner av (3)\_\_\_\_\_, (4)\_\_\_\_\_ samt av de av epitelcellernas cellmembraner utformade (5)\_\_\_\_\_. Mellan slemhinnans epitelceller förhindrar (6)\_\_\_\_\_ (7)\_\_\_\_\_ att läkemedelskomplexet kommer till cellmellanrummet. Lektinet fäster till kolhydratmolekyler på cellmembranens integrala membranprotein. Vidfästningen ger upphov till endocytos, i vilken komplexet sjunker in i en av klatrinmolekyler utformad inbuktning, som när den lossnar från cellmembranen bildar en endosom. Onedbrytet lektin-läkemedelskomplex kan avlägsnas från cellen som restkroppar med hjälp av (8)\_\_\_\_\_. Småmolekylära läkemedel kan fara till närbelägna celler via de av (9)\_\_\_\_\_ -molekyler bestående (10)\_\_\_\_\_. Om målorganet för det oralt administrerade läkemedlet är t.ex. sköldkörteln, får det ovan beskrivna komplexet inte nedbrytas i tarmens epitelceller, utan komplexet måste planeras så att det i epitelcellen kan färdas med hjälp av (11)\_\_\_\_\_. Innan komplexet som frigjorts från epitelcellen kommer till den underliggande bindvävnaden måste den fara genom (12)\_\_\_\_\_ som är under epitelet. För att komma till sköldkörteln måste komplexet komma från bindvävnaden till blodomloppet. Förflyttningen till det lymfatiska systemet underlättas bl.a. av den för endotelcellerna säregna (13)\_\_\_\_\_.

**Uppgift 2****10 poäng**

Vid en kärnkraftsolycka frigörs ett radioaktivt moln innehållande isotoperna  $^{137}\text{Cs}$  och  $^{131}\text{I}$  till atmosfären. Låt oss undersöka ett område, där det av molnet förorsakade nedfallets aktivitet per ytenhet har värdena  $A_I = 3,0 \text{ kBq/m}^2$  ( $^{131}\text{I}$ ) och  $A_{Cs} = 1,0 \text{ kBq/m}^2$  ( $^{137}\text{Cs}$ ). Halveringstiderna är  $T_I = 8,0 \text{ d}$  och  $T_{Cs} = 30,0 \text{ a}$ . Vid tidpunkten för olyckan var antalet  $^{137}\text{Cs}$ -atomer i atombränslet 203 gånger större än  $^{131}\text{I}$ -atomer i det samma. Använd värdena 137 g/mol och 131 g/mol för de respektive molmassorna.

- Hur stor är de radioaktiva isotopernas massa per kvadratmeter? (3 p)
- Hur länge har det radioaktiva molnet varit på väg före nedfallet? (7 p)

**Uppgift 3****14 poäng**

- I luften finns 250000 partiklar/cm<sup>3</sup>. Låt oss anta att 99,70 % av partiklarna har diametern  $< 0,3 \mu\text{m}$  ( $< 0,3$ -partiklar). Dessa partiklars massa utgör dock endast 0,30 % av partiklarnas totala massa, som uppgår till 75  $\mu\text{g}$  per kubikmeter luft. Hur stor är  $< 0,3$ -partiklarnas genomsnittliga massa? (3 p)
- En hur stor dragningskraft verkar mellan två partiklar som bägge har massan 0,11 ng, då avståndet mellan partiklarna är 0,15 mm? (3 p)
- Två småpartiklar joniseras så att bägge får en elektrisk laddning som är fyrfaldig jämfört med en elektrons laddning. Till att börja med ligger partiklarna på avståndet 0,10 mm från varandra, men de rör sig sedan ifrån varandra. Hur många procent av den kraft som ursprungligen verkade mellan partiklarna är kvar då avståndet mellan partiklarna är 1,0 mm? (3 p)
- En elektriskt laddad (laddningen 4e) partikel styrs med luftströmmen till en elektronisk luftrenare, vars samlardel består av metallskivor som ligger bredvid varandra. Avståndet mellan metallskivorna är 11 mm och spänningen mellan skivorna är 4,0 kV. En hur stor kraft verkar på partikeln, då den är mellan skivorna? (3 p)
- På de ovannämnda metallskivornas ytor ansamlas 11000 partiklar med massan 0,11 ng varje sekund. Hur stor är den totala massan som utgörs av de partiklar som ansamlas på metallskivornas ytor under en vecka? (2 p)

**Uppgift 4****11 poäng**

Låt oss anta att densiteten för de klotformade partiklar som hamnar i lungorna är 2,2 g/cm<sup>3</sup> och deras diameter är 6,0 nm.

- Hur många sådana partiklar behövs för att få 1,0 gram av materia? (2 p)
- Hur många kvadratmeter är den totala arean som partiklarna i 1,0 gram av denna materia ger upphov till? (2 p)
- Jämför den i deluppgiften b) beräknade totala arean med lungalveolernas totala area. (2 p)
- Med hur många procent minskar förhållandet mellan partikelns area och dess massa, om partikelns diameter i stället är 0,20  $\mu\text{m}$ ? Här antas att partikelns densitet är konstant. (3 p)
- Jämför lungalveolernas diameter med storleken av partiklar med diametern 0,20  $\mu\text{m}$ . (2 p)

**Uppgift 5** **9 poäng**

Redogör för de mekanismer i kroppen som försöker förhindra att främmande ämnen i inandningsluften hamnar i lungalveolerna.

**Uppgift 6** **11 poäng**

Vilka faktorer och mekanismer främjar i friska personer överföringen, från alveolluften till blodomloppet, av partiklar och de molekyler som bildas när partiklarna nedbrutits?

**Uppgift 7** **12 poäng**

På vilka sätt fungerar makrofagerna i försvaret mot bakterierna?

**Uppgift 8** **7 poäng**

Hur många milliliter torr luft (NTP) behövs, då 5,0 mg benzo(a)pyren förbränns fullständigt i hög temperatur? Här antas att luften innehåller 21,0 volymprocent syre.

**Uppgift 9** **13 poäng**

Då man undersökte nivån av en PAH exponering, spädde man ut urinprovet (400,0  $\mu$ l) med en acetatbuffert (100,0  $\mu$ l; pH 5,00), som innehöll 5,00  $\mu$ l  $\beta$ -glukuronidas/arylsulfataslösning för att hydrolysera glukuronat- och sulfatkonjugaterna. Provet förvarades 5 timmar i 38,0  $^{\circ}$ C. Därefter tillsatte man 700,0  $\mu$ l asetonitril för att fälla ut proteinerna, och kylde provet i 15 minuter. Efter att provlösningen filtrerats injicerades 50,0  $\mu$ l av den i kromatografiska apparaten. Responsen (pikens area) som apparatens fluorescensdetektor gav för 1-hydroxypyren var 115320 enheter. Då man injicerade samma volym av den 1 hydroxypyrenlösning (5,00 nmol/l), som används som standard, var pikens area 34527 enheter. Detektorns respons var linjär i det undersökta koncentrationsområdet.

- Hur mycket vattenfri ättiksyra (densiteten 1,049 g/ml) skall pipetteras och hur mycket fast natriumacetat skall uppvägas då man tillreder 1,00 liter av den acetatbuffert som används vid analysen? Buffertlösningens pH är 5,00 och den totala koncentrationen av ättiksyra,  $c_{\text{tot}}$  ( $[\text{CH}_3\text{COOH}] + [\text{CH}_3\text{COO}^-]$ ) i lösningen, är 50,0 mmol/l (ättiksyrans  $pK_a = 4,76$  vid temperaturen  $T = 25$   $^{\circ}$ C). (9 p)
- Varför förekommer 1-hydroxypyren i urinprovet som glukuronat- och sulfatkonjugat? (2 p)
- Räkna ut koncentrationen av 1-hydroxypyren i det ursprungliga urinprovet. (2 p)

**Uppgift 10****10 poäng**

- Hurudana icke-kovalenta växelverkningar mellan molekyler och molekyldelar håller ihop en liposomvesikel, och mellan vilka molekyler och molekyldelar äger växelverkningarna rum? (4 p)
- Produkterna av en syrakatalyserad hydrolys av en glycerofosfolipid vid pH 1 är glycerol, fosforsyra, 2-aminoetanol ( $\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ ) och oljesyra  $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}]$  (*cis*-form). Rita en komprimerad strukturformel, där du ersatt kolatomerna och bindningarna dememellan med ett streck, för den vid fysiologiskt pH (7,4) dominerande formen av (ohydrolyserade) glycerofosfolipiden. (6 p)

**Uppgift 11****14 poäng**

En moder är på kontrollbesök med sin 7-åriga son vid en läkarmottagning. Pojken har typ 1 diabetes, och vården är under god kontroll. Pojken förhåller sig ansvarsfullt till behandlingen av sjukdomen, men modern bekymrar sig för att det skall bli svårare att följa med blodsockret då pojken börjar skolan. Hon tycker också synd om pojken p.g.a. det frekventa injicerandet. Modern har på internet läst om nanoinsulin, som kan doseras i tablettform eller genom en inhalationsspray, och hon vill veta i vilket skede deras utvecklingsarbete är och vilken nytta hennes pojke skulle ha av dem.

- Utgående från textmaterialet, vad svarar läkaren som expert åt modern? (9 p)
- Vad bör läkaren speciellt ta i beaktande i den beskrivna interaktionssituationen? (5 p)

**Uppgift 12****6 poäng**

- På vilken molekylstrukturens funktionella grupp och reaktion grundar sig första fasens nedbrytning av polymererna PLA, PGA och PLGA i kroppen? (2 p)
- Namnge de monomera nedbrytningsprodukter som uppstår vid första fasen av metabolism av PLGA, samt rita strukturformlerna för de vid fysiologisk pH (7,4) dominerande formerna av nedbrytningsprodukterna. (4 p)

**Uppgift 13****12 poäng**

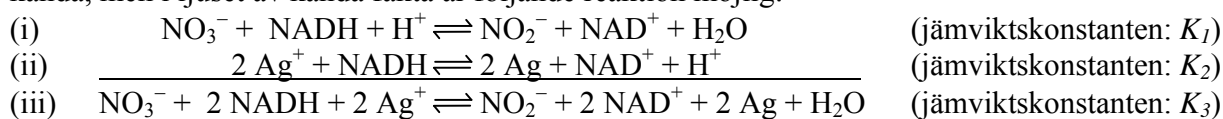
Man undersökte partiklar med diametern 5 nm med hjälp av ett transmissionselektronmikroskop. Om apparatens accelerationsspänning är 35 kV, vilken är då de accelererade elektronernas våglängd?

Hur nära varandra på nanopartikelns yta kan två objekt då ligga så att man med hjälp av apparaten kan urskilja dem från varandra, när apparatens numeriska apertur är 0,012 och eventuella felkällor ignoreras?

## Uppgift 14

9 poäng

Att silvret (Ag) är ett antiseptiskt ämne är känt sedan antikens tider, och silver används även nuförtiden i stor omfattning bl.a. inom sjukvården. Silvrets antiseptiska egenskaper tros bero åtminstone delvis på  $\text{Ag}^+$ -jonernas giftighet. Vissa typer av metalliska nanopartiklar framställda av silver (oladdat Ag) har i flera undersökningar konstaterats vara effektivare och mera selektiva än de  $\text{Ag}^+$ -haltiga lösningar som fås från silversalter. Den reducering av  $\text{Ag}^+$ -joner som utförs av vissa mikroorganismer kan utnyttjas vid biosyntesen av silvernanoartiklar. Då ger man  $\text{AgNO}_3$ -salt i en näringslösning åt bakterier eller svampar, vilket bakterierna uppenbarligen använder i en kopplad oxidations-reduktionsrutt. Reaktionens detaljer är inte ännu fullständigt kända, men i ljuset av kända fakta är följande reaktion möjlig:



- a) Bilda uttrycken för jämviktskonstanterna  $K_1$ ,  $K_2$  och  $K_3$  samt visa med hjälp av dem hur helhetsreaktionens (iii) jämviktskonstant  $K_3$  beror av konstanterna  $K_1$  och  $K_2$ . (5 p)  
 b) Låt oss anta att  $K_1 = 1,00 \cdot 10^3 \text{ l/mol}$  (vatten tas inte i beaktande i reaktionen). Visa med beräkningar, i vilken riktning reaktionen (i) sker då  $[\text{NO}_3^-]/[\text{NO}_2^-] = 1,00 \cdot 10^3$ ,  $[\text{NAD}^+]/[\text{NADH}] = 1,00 \cdot 10^4$  och  $[\text{H}^+] = 1,00 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$  (ej buffrad). (4 p)

Gravitationsaccelerationen på jordens yta 9,81 m/s<sup>2</sup>  
 Gravitationskonstant  $\gamma = 6,6742 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$   
 Ljudets hastighet i luft 334 m/s  
 Densiteten för vatten  $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  (0 °C - 100 °C)  
 Densiteten för blod 1050 kg/m<sup>3</sup>  
 Densiteten för kvicksilver 13600 kg/m<sup>3</sup>  
 Plancks konstant  $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$   
 Ångbildningsvärme för vatten 2260 kJ/kg  
 Vattnets specifika värmekapacitet 4,19 kJ/(K · kg)  
 Elektronens laddning  $e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$   
 Avogadros tal  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}/\text{mol}$   
 0 °C = 273,15 K  
 Allmänna gaskonstanten  $R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$   
 Faradays konstant  $F = 96,5 \cdot 10^3 \text{ C/mol}$   
 Molarvolymen för en idealgas  $V_m = 22,41 \text{ l/mol}$  (NTP)  
 Densiteten för torr luft 1,29 kg/m<sup>3</sup> (NTP)  
 Ljusets hastighet  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$   
 Stefan-Bolzmanns konstant  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$   
 Permittiviteten för vakuum  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$   
 $k = 1$  för en svart kropp  
 1 eV =  $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$   
 1 curie = 1 Ci =  $3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$   
 1 kWh = 3,6 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:	$m_u = 1,6605655 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
	$m_p = 1,0072825 m_u$
	$m_n = 1,0086650 m_u$

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

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

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

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

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

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

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

$$V_0 / V_{max} = \frac{[S]}{K_m + [S]}$$

$$c = Hp_0$$

$$J_d = -D \frac{dc}{dx}$$

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

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

$$D^0 = \sqrt[3]{\frac{\rho N_A}{162\pi^2} \frac{kT}{\eta}} M^{-1/3}$$

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

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

$$\Pi = RTc$$

$$\Pi = nRT / V$$

$$\Pi = \phi RTc$$

$$\Pi = \sum \Pi_i = \sum \frac{n_i RT}{V}$$

$$\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln c_i + Z_i FV$$

$$J_i = -\frac{c}{N_A f} \frac{d\mu_i}{dx} = -\frac{RT}{N_A f} \frac{dc_i}{dx} - \frac{cZ_i F}{N_A f} \frac{dV}{dx}$$

$$\mu^{0s} + RT \ln c^s + Z_i FV^s = \mu^{0u} + RT \ln c^u + Z_i FV^u$$

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

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

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

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

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

$$\Delta \Pi = RT \Delta c = RT (c_K^u + c_{Cl}^u + c_p^u - c_K^s - c_{Cl}^s)$$

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

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

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

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

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

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

$$F = Q_1 Q_2 / (4\pi \epsilon_0 r^2)$$

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

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

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

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

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

$$U = Kdq / ti$$

$$L = U_i Vt$$

$$I / I_0 = 10^{-\alpha d}$$

$$A = \log_{10}(I_0 / I)$$

$$A = \epsilon cd$$

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

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

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

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

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

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

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

$$E_\gamma = E_\gamma \left[ 1 + \frac{E_\gamma}{m_e c^2} (1 - \cos \theta) \right]^{-1}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$F = mv^2 / r$$

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

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

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

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

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

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

$$\theta = T_1 - T_2$$

$$h = h_{ik} = C |T_{hud} - T_{luft}|^{0,25}, C = 2,38 W / (K^{5/4} \cdot m^2)$$

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

$$\phi_A = h_h \frac{A_h}{A} (p_{luft} - p_{hud})$$

$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

$$v = v_0 + g t$$

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

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

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

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

$$n = 1 / t$$

$$a = v^2 / r$$

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

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

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

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

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

$$E = \Phi / A$$

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

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

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

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

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

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

$$pV = nRT$$

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

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

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

$$Q = c_p m \Delta T$$

$$W = \gamma \Delta A$$

$$W = F \Delta l$$

## Formelbilaga (4 sidor)

$$P_1 = \frac{W_1}{\Delta t} = pA \frac{\Delta s}{\Delta t} = pAv$$

$$P_2 = \frac{1}{2} \rho A \frac{\Delta s}{\Delta t} v^2 = \frac{1}{2} \rho v^3 A$$

$$P = P_1 + P_2 = (p + \frac{1}{2} \rho v^2) q_v$$

$$\langle P \rangle = \frac{1}{2} \rho (\langle v_i^2 \rangle + \langle v_p^2 \rangle) \langle q_v \rangle + (\langle p_1 \rangle + \langle p_2 \rangle) \langle q_v \rangle$$

$$\langle v_i^2 \rangle \approx \langle v_p^2 \rangle \approx 3,5 \langle v \rangle^2$$

$$\langle P \rangle = \frac{3,5 \rho}{A^2} \langle q_v \rangle^3 + \frac{7}{6} \langle p_i \rangle \langle q_v \rangle$$

$$q_v = \frac{V}{t}$$

$$q_v = \frac{Al}{t} = Av_k$$

$$q_m = \frac{m}{t} = \rho \frac{V}{t} = \rho q_v = \rho Av_k$$

$$q_{v1} = A_1 v_1 = A_2 v_2 = q_{v2}$$

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = \text{konstant}$$

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

$$\frac{E_p}{V} = \frac{mgh}{V} = \rho g h$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{F_s}{A_s} = \frac{W}{V}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$W = Fs$$

$$E_p = mgh$$

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

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

$$P = W / t$$

$$\eta = W_a / W_o$$

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

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

$$R = \left( \frac{v_1 \rho_1 - v_2 \rho_2}{v_1 \rho_1 + v_2 \rho_2} \right)^2$$

$$\Delta f = 2fv \cos \alpha / c$$

$$M = F \cdot r$$

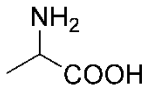
$$I = A^2$$

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

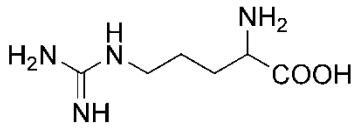
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I	II	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIIb		VIIIb		Ib	IIb	III	IV	V	VI	VII	VIII
$^1_1\text{H}$ 1.0079																	$^2_2\text{He}$ 4.0026
$^3_3\text{Li}$ 6.9412	$^4_4\text{Be}$ 9.0121											$^5_5\text{B}$ 10.811	$^6_6\text{C}$ 12.010	$^7_7\text{N}$ 14.006	$^8_8\text{O}$ 15.999	$^9_9\text{F}$ 18.998	$^{10}_{10}\text{Ne}$ 20.179
$^{11}_{11}\text{Na}$ 22.989	$^{12}_{12}\text{Mg}$ 24.305											$^{13}_{13}\text{Al}$ 26.981	$^{14}_{14}\text{Si}$ 28.085	$^{15}_{15}\text{P}$ 30.973	$^{16}_{16}\text{S}$ 32.065	$^{17}_{17}\text{Cl}$ 35.453	$^{18}_{18}\text{Ar}$ 39.948
$^{19}_{19}\text{K}$ 39.098	$^{20}_{20}\text{Ca}$ 40.078	$^{21}_{21}\text{Sc}$ 44.955	$^{22}_{22}\text{Ti}$ 47.867	$^{23}_{23}\text{V}$ 50.941	$^{24}_{24}\text{Cr}$ 51.996	$^{25}_{25}\text{Mn}$ 54.938	$^{26}_{26}\text{Fe}$ 55.845	$^{27}_{27}\text{Co}$ 58.933	$^{28}_{28}\text{Ni}$ 58.693	$^{29}_{29}\text{Cu}$ 63.546	$^{30}_{30}\text{Zn}$ 65.409	$^{31}_{31}\text{Ga}$ 69.723	$^{32}_{32}\text{Ge}$ 72.641	$^{33}_{33}\text{As}$ 74.921	$^{34}_{34}\text{Se}$ 78.963	$^{35}_{35}\text{Br}$ 79.904	$^{36}_{36}\text{Kr}$ 83.798
$^{37}_{37}\text{Rb}$ 85.467	$^{38}_{38}\text{Sr}$ 87.621	$^{39}_{39}\text{Y}$ 88.905	$^{40}_{40}\text{Zr}$ 91.224	$^{41}_{41}\text{Nb}$ 92.906	$^{42}_{42}\text{Mo}$ 95.942	$^{43}_{43}\text{Tc}$ 98.906	$^{44}_{44}\text{Ru}$ 101.07	$^{45}_{45}\text{Rh}$ 102.90	$^{46}_{46}\text{Pd}$ 106.42	$^{47}_{47}\text{Ag}$ 107.86	$^{48}_{48}\text{Cd}$ 112.41	$^{49}_{49}\text{In}$ 114.81	$^{50}_{50}\text{Sn}$ 118.71	$^{51}_{51}\text{Sb}$ 121.76	$^{52}_{52}\text{Te}$ 127.60	$^{53}_{53}\text{I}$ 126.90	$^{54}_{54}\text{Xe}$ 131.29
$^{55}_{55}\text{Cs}$ 132.90	$^{56}_{56}\text{Ba}$ 137.32	$^{57}_{57}\text{La}$ 138.90	$^{72}_{72}\text{Hf}$ 178.49	$^{73}_{73}\text{Ta}$ 180.94	$^{74}_{74}\text{W}$ 183.84	$^{75}_{75}\text{Re}$ 186.20	$^{76}_{76}\text{Os}$ 190.23	$^{77}_{77}\text{Ir}$ 192.21	$^{78}_{78}\text{Pt}$ 195.08	$^{79}_{79}\text{Au}$ 196.96	$^{80}_{80}\text{Hg}$ 200.59	$^{81}_{81}\text{Tl}$ 204.38	$^{82}_{82}\text{Pb}$ 207.21	$^{83}_{83}\text{Bi}$ 208.98	$^{84}_{84}\text{Po}$ 208.98	$^{85}_{85}\text{At}$ 209.98	$^{86}_{86}\text{Rn}$ 222.01
$^{87}_{87}\text{Fr}$ 223.01	$^{88}_{88}\text{Ra}$ 226.02	$^{89}_{89}\text{Ac}$ 227.02	$^{104}_{104}\text{Rf}$ 261.10	$^{105}_{105}\text{Db}$ 262.11	$^{106}_{106}\text{Sg}$ 266.12	$^{107}_{107}\text{Bh}$ 264.12	$^{108}_{108}\text{Hs}$	$^{109}_{109}\text{Mt}$	$^{110}_{110}\text{Ds}$	$^{111}_{111}\text{Rg}$	$^{112}_{112}\text{Uub}$	$^{113}_{113}\text{Uut}$	$^{114}_{114}\text{Uuq}$	$^{115}_{115}\text{Uup}$	$^{116}_{116}\text{Uuh}$	$^{117}_{117}\text{Uus}$	$^{118}_{118}\text{Uuo}$
Lantanoider				$^{58}_{58}\text{Ce}$ 140.11	$^{59}_{59}\text{Pr}$ 140.90	$^{60}_{60}\text{Nd}$ 144.24	$^{61}_{61}\text{Pm}$ 146.91	$^{62}_{62}\text{Sm}$ 150.36	$^{63}_{63}\text{Eu}$ 151.96	$^{64}_{64}\text{Gd}$ 157.25	$^{65}_{65}\text{Tb}$ 158.92	$^{66}_{66}\text{Dy}$ 162.50	$^{67}_{67}\text{Ho}$ 164.93	$^{68}_{68}\text{Er}$ 167.25	$^{69}_{69}\text{Tm}$ 168.93	$^{70}_{70}\text{Yb}$ 173.04	$^{71}_{71}\text{Lu}$ 174.96
Aktinoider				$^{90}_{90}\text{Th}$ 232.03	$^{91}_{91}\text{Pa}$ 231.03	$^{92}_{92}\text{U}$ 238.02	$^{93}_{93}\text{Np}$ 237.04	$^{94}_{94}\text{Pu}$ 244.06	$^{95}_{95}\text{Am}$ 243.06	$^{96}_{96}\text{Cm}$ 247.07	$^{97}_{97}\text{Bk}$ 247.07	$^{98}_{98}\text{Cf}$ 251.07	$^{99}_{99}\text{Es}$ 252.08	$^{100}_{100}\text{Fm}$ 257.09	$^{101}_{101}\text{Md}$ 258.09	$^{102}_{102}\text{No}$ 259.10	$^{103}_{103}\text{Lr}$ 260.10



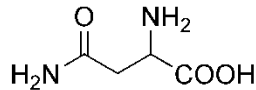
## De av DNA kodade aminosyrorna i sina grundformer



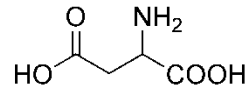
Alanin, Ala, A



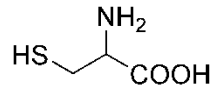
Arginin, Arg, R



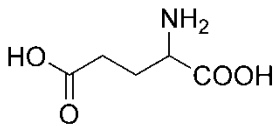
Asparagin, Asn, N



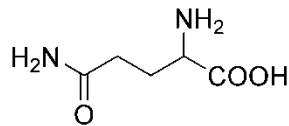
Asparaginsyra, Asp, D



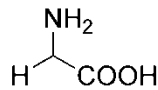
Cystein, Cys, C



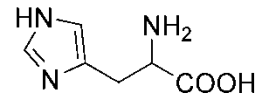
Glutaminsyra, Glu, E



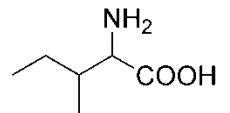
Glutamin, Gln, Q



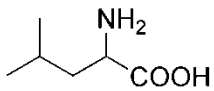
Glycin, Gly, G



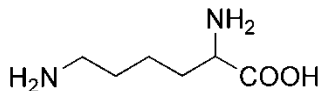
Histidin, His, H



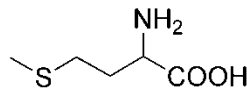
Isoleucin, Ile, I



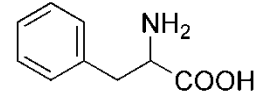
Leucin, Leu, L



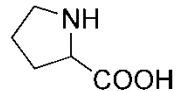
Lysin, Lys, K



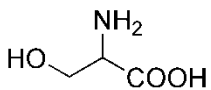
Metionin, Met, M



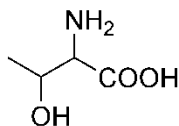
Fenylalanin, Phe, F



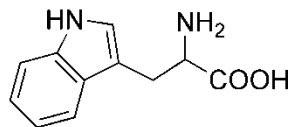
Prolin, Pro, P



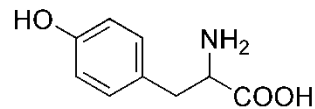
Serin, Ser, S



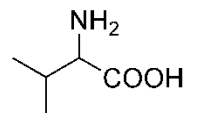
Treonin, Thr, T



Tryptofan, Trp, W



Tyrosin, Tyr, Y



Valin, Val, V

kväve	0,0054
syre	0,011
koldioxid	0,250

Värden för Henrys konstant för olika gaser vid 37 °C,  $\mu\text{mol}/(\text{l} \cdot \text{Pa})$