



Opgaver til kemi C og B med udgangspunkt i bioanalytikerprofessionen



Københavns Professionshøjskole
1. udgave 2025

Torben Birk
Henriette Lorenzen
Rolf Værn Andersen

Kolofon

Opgaver til kemi C og B med udgangspunkt i bioanalytikerprofessionen

Af Torben Birk, Henriette Lorenzen og Rolf Værn Andersen

Københavns Professionshøjskole

1. udgave 2025

Opgaver til kemi C og B med udgangspunkt i bioanalytikerprofessionen

Torben Birk, Henriette Lorenzen og Rolf Værn Andersen
Københavns Professionshøjskole, 1. udgave 2025

Indledning

Dette opgavehæfte er rettet mod kemiundervisningen på gymnasiet C- og B-niveau og skal give eleverne mulighed for at møde kemien i en konkret, sundhedsfaglig kontekst med særligt fokus på bioanalytikeruddannelsen.

Uddannelsen til bioanalytiker er en 3½ år lang naturvidenskabelig professionsbacheloruddannelse, der veksler mellem hovedsageligt teoretisk undervisning på en professionshøjskole og klinisk undervisning på et hospital. Bioanalytikeren varetager en lang række funktioner i sundhedsvæsenet - både med hensyn til analyse af patientprøver og patientundersøgelser indenfor et af de kliniske specialer biokemi, mikrobiologi, immunologi, fysiologi og nuklearmedicin, patologi, neurofysiologi og genetik.

Opgaverne i denne samling tager enten udgangspunkt i en faglig relevant bioanalytikerproblemstilling og/eller udfolder en kemisk problemstilling vedrørende områder med relevans for bioanalytikere. De fleste af opgaverne er indenfor de specialområder, hvor bioanalytikere arbejder. Ikke alle opgaver vil være 1:1 identiske med opgaver, der løses på bioanalytikeruddannelsen, men er tænkt som en måde at vise, hvordan grundlæggende kemisk viden og færdigheder kan anvendes til at udfolde professionen.

Det faglige udgangspunkt for opgaverne svarer til lærebøgerne *Basiskemi C* og *Basiskemi B*. En del af opgaverne muliggør et samspil mellem forskellige emneområder og forskellige naturvidenskabelige discipliner. Det matematiske grundlag er forholdsvist simpelt, med fokus på ligningsløsning og på enheder. Man kan i forbindelse med løsning af opgaverne opfordre eleverne til at "søge baggrundsinformation" f.eks. på hjemmesiden sundhed.dk.

Opgaverne er generelt forsøgt gjort så autentiske som muligt i forhold til bioanalytiker-professionen. Dog bør det bemærkes, at der i visse af opgaverne - af hensyn til målgruppen er foretaget simplificeringer, ligesom der i nogle af opgaverne benyttes mere klassisk kemiske analysemetoder end dem, der i praksis anvendes.

Opgaverne er niveauinddelte og i teksten farvemærkede i NF/C-niveau (●) og B-niveau (●). Niveauinddelingen tager udgangspunkt i læreplanerne for HF/STX og viser samtidig, hvilken type opgaver elever med det pågældende niveau forventes med en vis selvstændighed at kunne løse, når de skal bruge deres kemi på en videregående uddannelse som bioanalytiker.

Hvis den pågældende klasses retning skal tones mod videregående uddannelser som f.eks. bioanalytiker, er der en række emner, der trods det, at de ikke er en del af kernestoffet på det pågældende niveau, med fordel kan overvejes som supplerende stof for at gøre overgangen mest hensigtsmæssig. Det drejer sig om afstemning af redoxreaktioner ved brug af oxidationstal (på C-niveau) og puffersystemer (på B-niveau).

Vi håber, at opgaverne vil vise eleverne, at deres viden om kemi faktisk bruges og sætter dem i stand til at løse relevante problemstillinger.

Indhold

Indledning	3
Opgave 1 Desinfektion ●	7
Opgave 2 Klinisk biokemi: Antal hvide blodlegemer (B-leukocytter) ●	9
Opgave 3 Klinisk biokemi: Antal røde blodlegemer (B-erythrocytter) ●	10
Opgave 4 Klinisk biokemi: Blodets pH ● ●	11
Opgave 5 Klinisk biokemi: Måling af glucose ●	13
Opgave 6 Klinisk biokemi: Måling af lipider ● ●	15
Opgave 7 Klinisk mikrobiologi: Identifikation af bakterier ● ●	17
Opgave 8 Klinisk immunologi: Blodtyper ● ●	19
Opgave 9 Klinisk fysiologi og nuklearmedicin: Radioaktive lægemidler ● ●	20
Opgave 10 Klinisk fysiologi og nuklearmedicin: Undersøgelse af nyrefunktionen ●	22
Opgave 11 Patologi: Forberedelse af vævsprøveindstøbning ●	23
Opgave 12 Patologi: Farvning af vævsbiopsi ● ●	25
Opgave 13 Kobber og Wilsons sygdom ● ●	27
Løsninger	28

Opgave 1 Desinfektion ●

Klorin er et desinfektionsmiddel, der kendes fra husholdningen, men bruges også visse steder på hospitaler til rengøring og kemisk desinfektion af overflader, udstyr og instrumenter for at hindre spredning af infektioner ved at dræbe bakterier og andre mikroorganismer.

Klorin er en vandig opløsning af natriumhypochlorit, $\text{NaClO}(\text{aq})$.

- a) Hvilken type kemisk forbindelse er natriumhypochlorit?

Ifølge etiketten på klorin-opløsningen indeholder 1,000 kg klorin-opløsning 27,00 g natriumhypochlorit. Densiteten af klorin-opløsningen er 1,040 g/mL.

- b) Beregn koncentrationen i g/L af natriumhypochlorit i klorin-opløsningen.
c) Beregn den formelle stofmængdekonzentration af natriumhypochlorit i klorin-opløsningen.

Den aktuelle stofmængdekonzentration af hydroxid, $[\text{OH}^-]$, i klorin-opløsningen er 0,0032 mol/L.

- d) Beregn den aktuelle stofmængdekonzentration af oxonium, $[\text{H}_3\text{O}^+]$, i klorin-opløsningen.
e) Beregn pH-værdien af klorin-opløsningen.

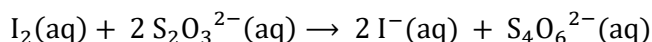
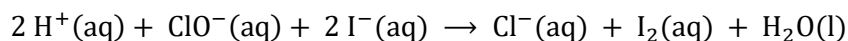
Klorin-opløsningen kan fremstilles ved at opløse gassen, $\text{Cl}_2(\text{g})$, i en opløsning af $\text{NaOH}(\text{aq})$.



- f) Vis at reaktionskemaet er korrekt afstemt ved at kontrollere, at der er samme antal af hver type atom på begge sider af reaktionspilen.
g) Navngiv alle stoffer, der indgår i reaktionskemaet.
h) Benyt et beregningskema til at beregne massen af Cl_2 , der skal benyttes for at fremstille 27,0 g NaClO .
i) Hvor stor masse af natriumhydroxid, NaOH , skal der benyttes?
j) Hvor stort volumen af en 0,500 mol/L $\text{NaOH}(\text{aq})$ opløsning svarer denne masse til?

Inden klorin-opløsningen kan anvendes til desinfektion, skal opløsningen kvalitetssikres, hvilket betyder, at man skal være sikker på, at indholdet af natriumhypochlorit er korrekt.

Koncentrationen af hypochlorit kan bestemmes ved en redoxtitrering. En portion af klorin-opløsningen tilsættes NaI (i overskud) og lidt fortyndet saltsyre, hvorefter det dannede I_2 kan titreres med $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$.



- k) Hvilke reaktionstyper er der ovenfor tale om?
l) Hvor mange g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ skal afvejes til fremstilling af 250 mL 0,100 mol/L $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$?

5,00 mL klorin-opløsning udtages med fuld pipette og overføres til en målekolbe og fortyndes med vand til 100 mL. 25 mL af den fortyndede klorin-opløsning overføres til en konisk kolbe og tilsættes NaI og lidt



Figur 1 Klorin, et desinfektionsmiddel indeholdende NaOCl .
Foto: KP (TOBI)

fortyndet saltsyre. Opløsningen titreres med 0,100 mol/L $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ og stivelse som indikator. Efter den blå farve netop er forsvundet, aflæses buretten til 9,43 mL.

- m) Hvor stor stofmængde $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ er der tilsat i ækvivalenspunktet.
- n) Opskriv stofmængdeforholdet mellem I_2 og $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ og find stofmængden af I_2 i ækvivalenspunktet?
- o) Beregn stofmængdekonzentrationen af natriumhypochlorit i den fortyndede opløsning og i den oprindelige klorin-opløsning.
- p) Kan klorin-opløsningen anvendes til desinfektion i hospitalslaboratoriet?

Opgave 2 Klinisk biokemi: Antal hvide blodlegemer (B-leukocytter) ●

Antallet af hvide blodlegemer (B-leukocytter) i kroppen bestemmes af en bioanalytiker på en blodprøve. Hvis en person har for mange hvide blodlegemer, kan det skyldes en infektion.

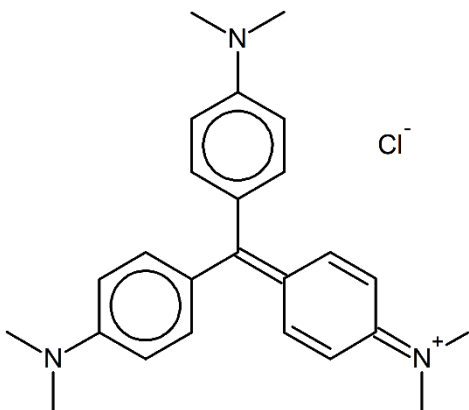
De hvide blodlegemer har ikke i sig selv farve og må indledningsvist farves for at kunne tælles når man kigger på dem under mikroskopet. Farvningen udføres med reagenset methylviolet-eddikesyre, der udover at give farve til de hvide blodlegemer nedbryder cellemembranen i de røde blodlegemer (B-erythrocytter), sådan at de ikke forstyrrer tællingen.

Voksne mænd og kvinder har normalt et sted mellem $3,5 - 8,8 \cdot 10^9$ celler/L (referenceinterval).

Du kan finde [Forslag til baggrundsinformation: Blodets sammensætning og bestanddele](#) (Link: Sundhed.dk)

Reagenset methylviolet-eddikesyre fremstilles ved i en målekolbe at opløse $24,5 \cdot 10^{-6}$ mol methylviolet og 1,0 mL iseddike (100 % ethansyre) i vand, hvorefter der fyldes op med vand til 100 mL.

- Vis ved hjælp af figur 3, at methylviolets molekylformel er $C_{25}H_{30}ClN_3$ og beregn stoffets molarmasse.
- Beregn massen af methylviolet, som skal bruges til at lave reagenset.
- Beregn den formelle stofmængdekonzentration af eddikesyre (ethansyre) i reagenset. Densiteten af ethansyre er 1,049 g/mL.



Figur 3 Strukturformel for methylviolet.

For manuel bestemmelse af B-leukocytter, antalsk., afpipetteres 25 μ L blod i 475 μ L af reagenset methylviolet-eddikesyre. Efter blanding fyldes et tællekammer.

Tællearealet er 2,00 mm² og kammerets højde er 0,100 mm. Antallet af B-leukocytter i tællekammeret findes ved to separate bestemmelser (dobbelbestemmelse) til 80 celler og 86 celler.

For at beregne koncentrationen af B-leukocytter i antal celler/L i den fortyndet blodprøve skal følgende delspørgsmål d) til g) besvares.

- Hvad forstås der ved enhederne antal celler/L (antalskoncentration, forkortes antalsk.) og μ L?
- Beregn volumen af tællekammeret i mm³.
- Omregn volumen af tællekammeret fra mm³ til μ L.
- Beregn middelværdien for de to separate bestemmelser.
- Angiv koncentrationen af B-leukocytter i antal celler/ μ L i den fortyndede blodprøve.
- Angiv koncentrationen af B-leukocytter i antal $\cdot 10^9$ celler/L i patientens blodprøve.
- Hvordan ligger patientens B-leukocytter, antalsk. i forhold til normalområdet (referenceintervallet)?



Figur 2 Blodprøve klar til analyse på en klinisk biokemiske afdeling. Foto: KP-billedsamling

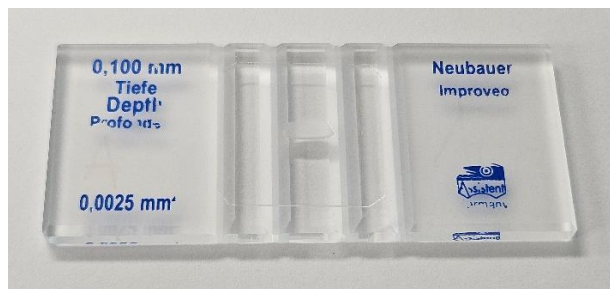
Opgave 3 Klinisk biokemi: Antal røde blodlegemer (B-erythrocytter) ●

En bioanalytiker kan tælle antallet af røde blodlegemer (B-erythrocytter) i en blodprøve på en patient. Antallet kan være for lavt, hvis en patient har blodmangel, og antallet kan være for højt, hvis kroppen har behov for at danne flere pga. iltmangel.

Der er forskel på, hvor mange røde blodlegemer kvinder og mænd normalt har (referenceinterval):

- Kvinder: $3,9 - 5,2 \cdot 10^{12}$ celler/L
- Mænd: $4,3 - 5,7 \cdot 10^{12}$ celler/L

For manuel bestemmelse af B-erythrocytter, antalskoncentration, fortyndes en kvindes blodprøve ved at afpipettere $10\mu\text{L}$ blod + $1990\mu\text{L}$ Hayem-Jørgensen væske.



Figur 4 Et dobbelt Neubauer tællekammer Foto: KP (TOBI)

Hayem-Jørgensen væske, der bruges ved fortyndingen, indeholder tre forskellige ionforbindelser med forskellig formel stofmængdekonzentration: $85,6\text{ mM NaCl}$, $9,21\text{ mM HgCl}_2$ og $77,6\text{ mM Na}_2\text{SO}_4$.

- Navngiv de tre ionforbindelser i Hayem-Jørgensen væsken (prøv at navngive uden at slå op).
- Beregn massen af NaCl , HgCl_2 og $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, som man skal bruge for at fremstille 100 mL Hayem-Jørgensen væske.
- Hvad er den aktuelle stofmængdekonzentration $[\text{Hg}^{2+}]$ og $[\text{Cl}^-]$ i $9,21\text{ mM HgCl}_2$?

Den færdige Hayem-Jørgensen væske skal have en pH-værdi på $5,9$ (ved $25\text{ }^\circ\text{C}$).

- Er opløsningen sur eller basisk?
- Beregn $[\text{H}_3\text{O}^+]$ og $[\text{OH}^-]$ i den færdige Hayem-Jørgensen væske.

Til tællingen anvendes et dobbelt Neubauer tællekammer (se figur 4). [Forlag til baggrundsinformation: Double Neubauer tællekammer](#) (Link til YouTube). Der tælles i 5 mellemstore felter. Tællearealet af et mellemstort felt er $0,04\text{ mm}^2$. Tællekammerets højde er $0,1\text{ mm}$. Der udføres dobbeltbestemmelse. Tælltallene for dobbeltbestemmelsen er 468 og 481 .

For at beregne koncentrationen af B-erythrocytter i antal celler/L i den fortyndede blodprøve, skal følgende delspørgsmål f) til k) besvares.

- Beregn volumen af tællekammeret i mm^3 .
- Omregn volumen af tællekammeret fra mm^3 til μL .
- Beregn middelværdien for dobbeltbestemmelsen.
- Angiv koncentrationen af B-erythrocytter i antal celler/ μL i den fortyndede blodprøve.
- Beregn koncentrationen af B-erythrocytter i antal $\cdot 10^{12}$ celler/L i patientens blodprøve.
- Hvordan ligger patientens B-erythrocytter, antalsk. i forhold til normalområdet (referenceintervallet)?

Opgave 4 Klinisk biokemi: Blodets pH ●●

Blodets pH-værdi, kaldet fysiologisk pH, spiller en afgørende rolle i opretholdelsen af kroppens normale funktion. For mennesket er fysiologisk pH mellem 7,35 og 7,45. En pH-værdi lavere end 7,35 indikerer tilstanden acidose (for meget "syre"), mens en pH-værdi større end 7,45 indikerer alkalose (for meget "base").

Opretholdelsen af blodets normale pH-niveau er afgørende for korrekt funktion af en række biokemiske og fysiologiske processer i kroppen. Dette opnås gennem et komplekst samspil mellem puffersystemer i blodet, reguleringen af CO₂-niveauer ved åndedrættet og regulering af syre-base-balancen ved nyrefunktionen.

På en klinisk biokemisk afdeling bestemmer bioanalytikeren rutinemæssigt den aktuelle stofmængdekonzentration af oxonium, [H₃O⁺], i patientblodprøver med en pH-følsom elektrode.

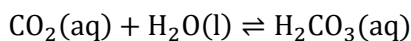
I en patients blod måles [H₃O⁺] = 3,16 · 10⁻⁸ mol/L

- a) Bestem pH-værdien af patientens blod.

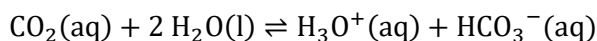
Blodets pH-værdi reguleres blandt andet af et puffersystem bestående af carbonsyre og hydrogencarbonat.

- b) Opskriv et reaktionsskema for syre-basereaktionen mellem carbonsyre og vand.
 - c) Identificer korresponderende syre-basepar i reaktionsskemaet.
 - d) Carbonsyre er en svag syre. Hvad dækker betegnelserne stærk og svag syre over? Find eksempler på andre svage og stærke syrer.
 - e) Hydrogencarbonat er en amfolyt. Hvad dækker denne betegnelse over?
- f) Opskriv pufferligningen for carbonsyre/hydrogencarbonat puffersystemet.
 - g) Beregn forholdet [HCO₃⁻]/[H₂CO₃] ved fysiologisk pH (Hint: Find pK_s)

Som biprodukt ved kroppens forbrænding (metabolisme) dannes CO₂. Det dannede CO₂ opløses i blodet, hvorved der dannes carbonsyre:



- h) Vis, at det reaktionsskema, der beskriver puffersystemet i blodet, kan skrives som:



- i) Brug LeChateliers princip (eller reaktionsbrøken) til at forklare, hvorfor en højere CO₂-koncentration i blodet end normalt vil føre til en forøgelse af blodets stofmængdekonzentration af oxonium og dermed til et fald i blodets pH.

Det er bioanalytikeren, der tager blodprøver på patienterne og efterfølgende analyserer dem. En bioanalytiker skal tage en blodprøve med henblik på pH-bestemmelse på en patient, der er voldsomt angst for nåle. Patienten hyperventilerer og har en kraftigt øget vejrtrækning.



Figur 5 Blodets pH er afgørende for kroppens funktion og måles på den klinisk biokemiske afdeling.
Foto: KP-billedsamling

- j) Hvilken vej forskydes ligevægten fra spørgsmål h) hos den hyperventilerende patient? (Hint: Brug LeChateliers princip eller reaktionsbrøken).
- k) Hvad betyder forskydningen af ligevægten hos den hyperventilerende patient for blodets pH-værdi? Vil en sådan blodprøve kunne bruges af lægerne? (Bemærk, at denne opgave er forsimplet i forhold til virkeligheden).

Opgave 5 Klinisk biokemi: Måling af glucose ●

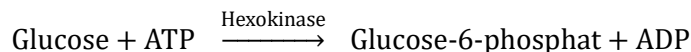
Pernille skal undersøges for, om hun har diabetes, og får derfor taget en blodprøve, som sendes til et laboratorium på hospitalets klinisk biokemiske afdeling. På laboratoriet måler en bioanalytiker blodsukkerkoncentrationen. Blodsukkerniveauet måles ved at finde koncentrationen af glucose i blodet. Målingen foregår på et stort apparatur (se figur 6).

Først centrifugerer man blodprøven, så blodets celler ender i bunden af glasset; til glucosemålingen bruger man lidt af plasmavæsken over cellerne. 10 µL af plasmavæsken blandes med reagenser og fortyndingsvæske til i alt 1 mL reaktionsblanding. Man kan ikke direkte måle koncentrationen af glucose i plasma, men ved tilsætning af diverse reagenser bliver glucosen omsat i to trin som vist nedenfor. Pointen er nu, at stoffet NADPH, som er et produkt af reaktion II, absorberer ultraviolet lys ved 340 nm, hvilket de øvrige stoffer i reaktionerne ikke gør.

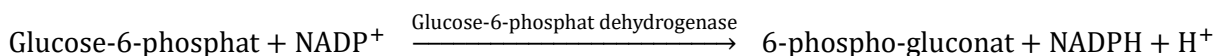


Figur 6 Apparatur til måling af glucose på klinisk biokemisk afdeling. Foto: KP-billedsamling

Reaktion I:



Reaktion II:



- Hvilken funktion har "hexokinase" og "glucose-6-phosphat dehydrogenase"?
- Hvor mange molekyler NADPH dannes for hvert glucosemolekyle, der reagerer?

Apparaturet vist på figur 6 indeholder et UV/Vis-spektrofotometer, der kan måle hvor meget ultraviolet lys, prøven absorberer. For at omregne fra mængden af absorberet lys til koncentration af NADPH er man nødt til at fremstille en standardkurve. Det gøres ved at måle absorbansen af „kunstige“ prøver med kendt NADPH-koncentration. På den måde har man fundet, at en absorbans på 0,622 svarer til en NADPH-koncentration på 0,100 mmol/L.

- Beregn hvor stor NADPH-koncentrationen er i en prøve med absorbansen 1,000, når der er simpel proportionalitet mellem absorbans og NADPH-koncentration.

Før man måler på „rigtige“ prøver fra patienter, foretager man også kvalitetskontrol. Lad os antage, at den er forløbet ok, og at vi nu har målt på tre prøver, der er fortyndet 10 gange, fra fastende patienter med følgende resultater:

Patient	Absorbans
1	0,323
2	0,249
3	0,747

- Beregn koncentrationen af glucose i de tre patientprøver.

Resultater for patientprøverne skal nu holdes op mod et normalområde, som 95 % af alle raske personer måles indenfor; resultaterne for øvrige raske personer er ligeligt fordelt under og over dette område (referenceinterval). For fastende raske personer er referenceintervallet for glucose i plasma (på dette hospital) = 3,9-5,6 mmol/L.

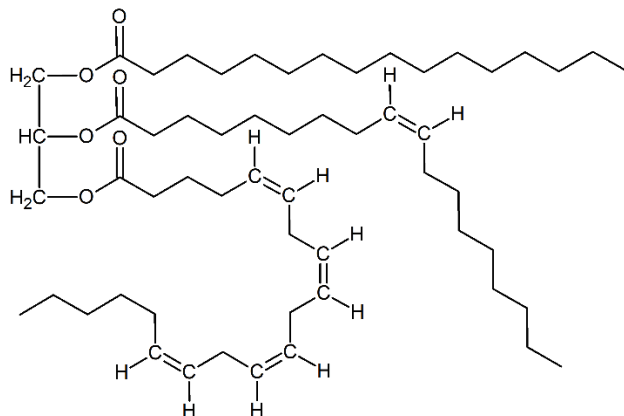
- e) Hvilken andel af fastende raske personer forventes at have en glucosekoncentration over 5,6 mmol/L?
- f) Hvad kan man bruge et referenceinterval til?
- g) Er der nogle af de tre patienter, der har en glucosekoncentration uden for referenceintervallet?
- h) Kan man sige, at personer med en glucosekoncentration uden for referenceintervallet er syge?

På nogle amerikanske hospitaler angives glucosekoncentrationer i mg/dL. På et bestemt amerikansk hospital er referenceintervallet fastlagt til 70-120 mg/dL.

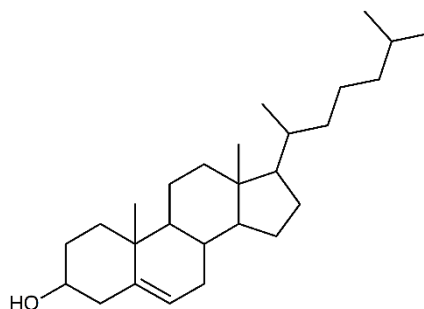
- i) Omregn 70-120 mg/dL til mmol/L.
- j) Hvordan ligger referenceintervallerne i forhold til hinanden?

Opgave 6 Klinisk biokemi: Måling af lipider ●●

Ove har åreforkalkning (aterosklerose), og derfor kommer han jævnligt forbi sin læge for at få taget nogle blodprøver. Blodprøverne sendes til et laboratorium på hospitalets klinisk biokemiske afdeling, hvor bioanalytikerne blandt andet måler triglycerider og kolesterol.



Figur 7 Strukturformel for et triglycerid



Figur 8 Strukturformel for kolesterol

- a) Hvilke typer bindinger findes i triglyceridet vist på figur 7?
- b) Hvilke dele af triglyceridet er hydrofilt, og hvilke dele er hydrofobt?
- c) Hvilken forventning har du til triglyceriders opløselighed i vand?
- d) Undersøg (evt. ved brug af internettet) hvilken biologisk rolle triglycerider spiller.
- e) Hvilke typer kemiske bindinger findes i kolesterol vist på figur 8?
- f) Hvilke dele af kolesterol-molekylet er hydrofilt, og hvilke dele er hydrofobt?
- g) Hvilken forventning har du til kolesterol's opløselighed i vand?
- h) Undersøg (evt. ved brug af internettet) hvilken biologisk rolle kolesterol spiller.

Cholesterol kaldes pga. sin struktur for et steroid. Mange andre biomolekyler er også steroider.

- i) Find (evt. ved brug af internettet) tre andre steroider og undersøg deres biologiske rolle.
- j) Vis på strukturformlen for kolesterol, at stoffet kan beskrives som en umættet, cyclisk alkohol.

Første trin ved analysen af triglycerider (reaktion I) er en enzymkatalyseret spaltning, hvor der brydes tre bindinger under optagelse af $3\text{H}_2\text{O}$.

- k) Hvad kaldes reaktionstypen? Opskriv et reaktionsskema med strukturformler for reaktionen, hvor triglyceridet på figur 7 spaltes.
- l) Afgør hvilken af de tre fedtsyrer, der er mættet, monumættet eller polyumættet.
- m) Foreslå en simpel kemisk analyse, der kan bruges til at identificere den mættede fedtsyre blandt de umættede. Hvad kaldes reaktionstypen?
- n) I hvilke af de tre fedtsyrer er der mulighed for geometrisk isomeri? Gør rede for, at der er tale om *cis*-formen.
- o) Navngiv de to simpleste fedtsyrer, der dannes ved reaktionen, ved både at tildele systematisk navn og trivialnavn. (Hint: Brug Databogen)

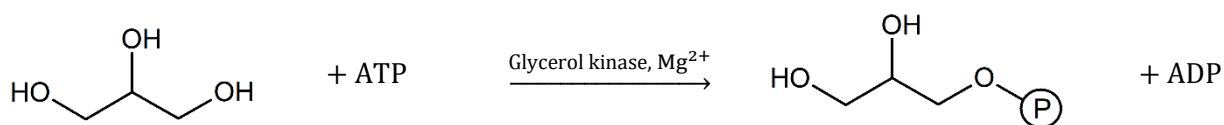
- p) Den tredje af fedtsyrerne med trivialnavnet arachidonsyre har det systematiske navn 5-*cis*,8-*cis*,11-*cis*,14-*cis*-icosa-5,8,11,14-tetraensyre. Forklar det systematiske navn.

Et af stofferne, der dannes ved reaktionen, er propan-1,2,3-triol (trivialnavn glycerol).

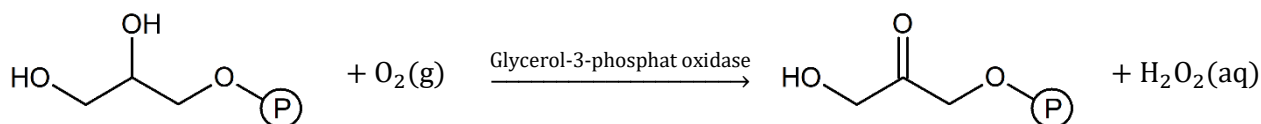
- q) Angiv for hver alkohol-gruppe i propan-1,2,3-triol om gruppen er primær, sekundær eller tertiær.

I de næste trin ved analysen af triglycerider er det propan-1,2,3-triol, der reagerer videre i en række trin:

Reaktion II:



Reaktion III:



I reaktion II og III viser ⊕ en phosphat-gruppe.

- r) Hvad kaldes reaktionstypen i reaktion III?
s) Produktet i reaktion III kan opfattes som afledt af 1,3-dihydroxypropan-2-on. Opskriv strukturformlen for dette stof og forklar det systematiske navn.
t) Forestil dig, at det dannede produkt i reaktion III behandles med et mildt oxidationsmiddel. Opskriv strukturformlen for det dannede stof. Hvilke funktionelle grupper indeholder stoffet?

Det dannede H₂O₂ fra reaktion III reagerer nu videre i en sidste reaktion IV, hvor der dannes et farvestof (i forholdet 1:1).

- u) Foreslå en analysemetode, der kan benyttes til at bestemme koncentrationen af et farvet stof i opløsning, og gennemgår de nødvendige trin i analysen.
v) Fra patientprøvens indhold af triglycerid til dannelsen af det farvede stof udfører bioanalytikeren fire reaktioner. Hvordan relaterer koncentrationen af det farvede stof sig til triglyceridindholdet i prøven, og hvad skal der kræves af de fire reaktioner for, at bestemmelsen af farvestoffets koncentration kan bruges til at bestemme triglyceridkoncentrationen.

Opgave 7 Klinisk mikrobiologi: Identifikation af bakterier ●●

I klinisk mikrobiologi anvendes næringsplader med forskelligt vækstmedium i forbindelse med identifikation af bakterier. En af metoderne består i at undersøge, om bakterierne kan „forgære“ dvs. nedbryde kulhydratet lactose. Vækstmediet på pladen indeholder syre-base-indikatoren bromthymolblåt.

- a) Forklar hvad der menes med en syre-base-indikator.

Pladen er farvet pga. bromthymolblåt. Vækstmediet har $\text{pH} = 8,0$ før udsåning af bakterier.

- b) Hvilken farve har pladen før udsåning af bakterier? (Hint: Brug Databogen)

Hvis bakterien kan nedbryde lactose, dannes forskellige syrer, og pH falder betydeligt.

- c) Hvordan kan dette udnyttes til at undersøge, om bakterien kan forgære laktose?



Figur 9 Forskellige plader til identifikation af bakterier på en klinisk mikrobiologisk afdeling. Foto: KP-billedsamling

Vækstmediet består af pepton (10g/L), NaCl (5g/L) og bromthymoplblåt-opløsning (3mL/L). Efter sammenblanding indstilles vækstmediets pH til 8,0.

- d) Er vækstmediet surt, basisk eller neutralt?
- e) Hvis vækstmediet pH -værdi var 9,2 inden indstilling af pH , hvilket af følgende stoffer (opløst i vand) ville du bruge til at indstille pH til den ønskede værdi? Natriumhydroxid, saltsyre eller ammoniak?
- f) Hvor meget pepton, NaCl og bromthymoplblåt-opløsning skal der bruges, hvis man ønsker at fremstille 200 mL vækstmedium?
- g) Inden vækstmediet kan anvendes til identifikation af bakterier, skal det autoklaveres (opvarmes til $121\text{ }^\circ\text{C}$ under tryk). Hvorfor er denne opvarmning nødvendig?

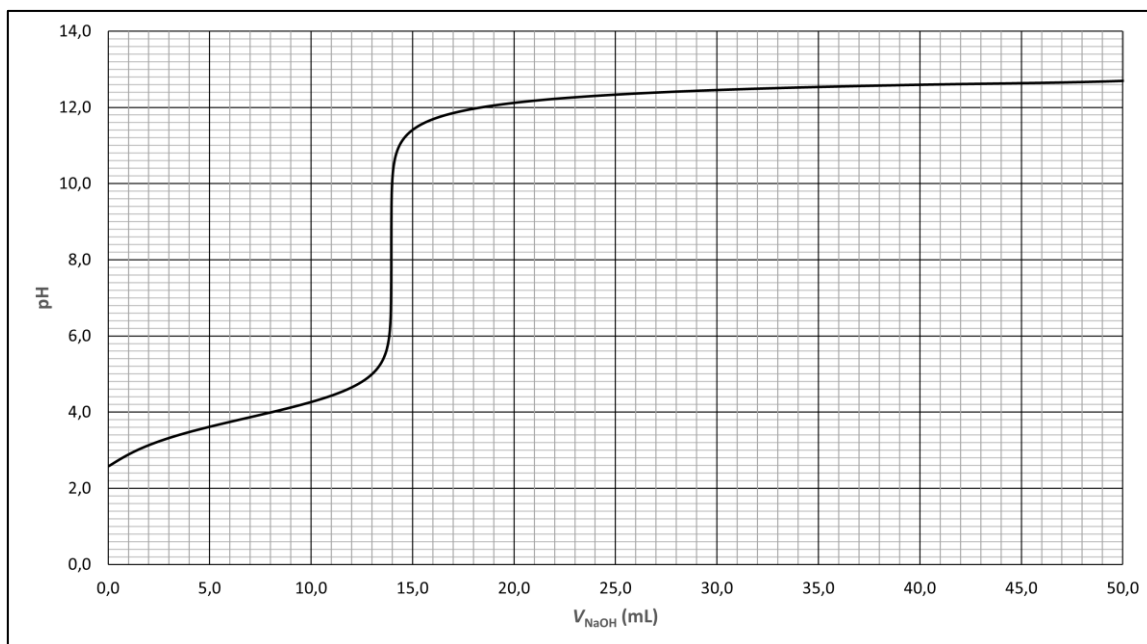
Bromthymolblåt-opløsningen fremstilles ved i en målekolbe at opløse 1 g bromthymolblåt i 25 mL 0,1 mol/L NaOH, hvorefter der fyldes op med vand til 500 mL.

- h) Vis at bromthymolblåt-opløsningens koncentration i $c_{\text{masse}\%}$ er 0,2 masse% (antag at bromthymolblåt-opløsningens densitet er 1 g/mL)
- i) Brug fortyndingsformlen til at vise, at koncentrationen af NaOH i bromthymolblåt-opløsningen er 0,005 mol/L.
- j) Beregn pH i bromthymolblåt-opløsningen (antag at kun NaOH bidrager til opløsningens pH)

En af de syrer, der dannes ved bakteriers nedbrydning af lactose, er mælkesyre (2-hydroxypropansyre).

- k) Beskriv mælkesyres syrestyrke ud fra $\text{p}K_s$ -værdien (Hint: Brug Databogen) og beregn pH for en 0,1 M opløsning af mælkesyre i vand.

Indholdet af mælkesyre i en prøve kan bestemmes ved en syre-base-titrering med stærk base. Nedenfor ses titrerkurven for kolorimetrisk syre-base-titrering af 25,00 mL mælkesyre-prøve med en 0,0980 M NaOH.

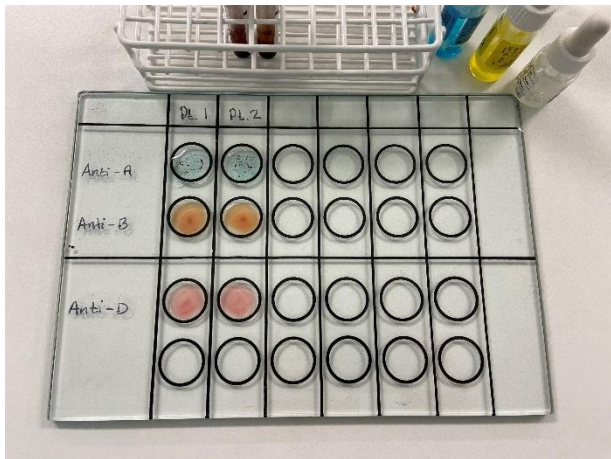


Figur 10 Titrerkurve for syre-basetitrering af 25,00 mL mælkesyre-opløsning med 0,0980 M NaOH.

- l) Aflæs ækvivalenspunktet på titrerkurven.
- m) Beregn den formelle stofmængdekonzentration af mælkesyre i prøven.
- n) Foreslå en egnet syre-base-indikator til brug ved en kolorimetrisk titrering af mælkesyre.
- o) Opskriv strukturformlen for mælkesyre som en fischerprojektion og marker eventuelle asymmetriske carbonatomer. Hvad vil det sige, at et carbonatom er asymmetrisk?
- p) Er den strukturformel, du har tegnet i spørgsmål o), L- eller D-formen af mælkesyre (alternativt S- eller R-formen)?

Opgave 8 Klinisk immunologi: Blodtyper ●●

Før en blodtransfusion bestemmes en patients blodtype på en klinisk immunologisk afdeling for at sikre, at blodtypen er kompatibel med donorblodets blodtype. Der testes også for antistoffer, der kan få kroppen til at afvise blodet. Dette forhindrer farlige reaktioner og sikrer, at transfusionen forløber sikkert og uden komplikationer.

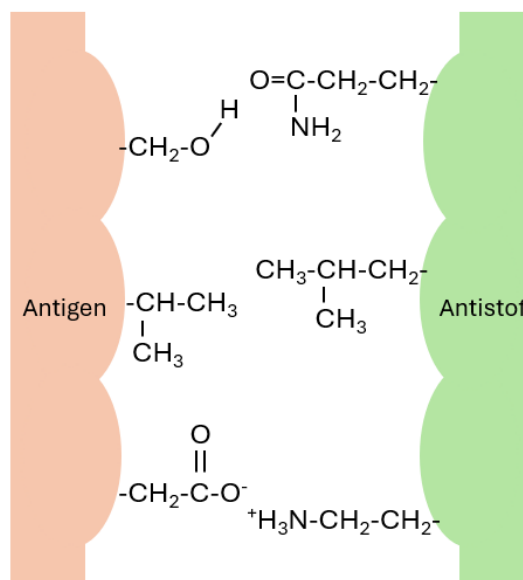


Figur 11 Manuel ABO og RhD blodtypebestemmelse. Tilstedeværelse af A-, B- og/eller D-antigener på donors erythrocytter undersøges ved antistofferne Anti-A, anti-B og anti-D. Foto: KP (HELO)

[Forslag til baggrundsinformation: Blodtyper](#) (Link: Bloddonorerne Danmark).

Når en bioanalytiker bestemmer en patients blodtype, blandes røde blodlegemer, som har ukendte antigener, (Ag) med antistoffer (Ab), som er kendte.

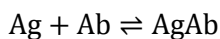
Når et antigen og et antistof reagerer med hinanden, bindes de sammen som vist på figur 12.



Figur 12 Blodtypebestemmelse - antigen og antistof bindes sammen. Foto: KP (HELO)

- Tegn de organiske strukturer med stregformel.
 - Vis at carbon-atomer danner fire bindinger til andre atomer.
 - Forklar hvordan nitrogen-atomet kan danne fire bindinger til andre atomer.
 - Find et eksempel på en upolær kovalent binding og en polær kovalent binding.
- I bindingen mellem et antigen og et antistof kan der opstå londonbindinger, hydrogenbindinger og ionbindinger. Udpeg de tre typer af bindinger og begrund, hvordan du ser det.

Reaktionen, der sker, når røde blodlegemer med antigener (Ag) blandes med antistoffer (Ab), kan skrives som:



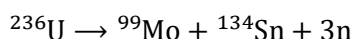
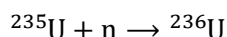
- Opskriv reaktionsbrøken for ligevægten.
- Brug LeChateliers princip (eller reaktionsbrøken) til at forklare, hvordan ligevægten forskydes, hvis koncentrationen af antistof øges.

Opgave 9 Klinisk fysiologi og nuklearmedicin: Radioaktive lægemidler ●●

På hospitalernes nuklearmedicinske afdelinger arbejder bioanalytikere med at forberede og administrere radioaktive lægemidler til patienterne. Disse lægemidler bruges ofte til at opnå billeder af indre organer og væv ved hjælp af specielle billedteknikker. Bioanalytikerne inden for nuklearmedicin er ansvarlige for at sikre, at de radioaktive lægemidler er korrekt fremstillet, doseret og administreret til patienterne i overensstemmelse med strenge sikkerheds- og kvalitetsstandarder.

Et apparat, der bruges til at optage billeder af de indre organer, er gammakameraet. Patienten får indsprøjet et lægemiddel, der indeholder en radioaktiv isotop f.eks. ^{99m}Tc . Den radioaktive isotop udsender gammastråling, der kan detekteres og bruges til at danne billeder.

Det radioaktive lægemiddel ^{99m}Tc fremstilles i en række grundstofomdannelser. Først dannes ^{99}Mo ved spaltning af ^{235}U i en kernereaktor:



Figur 13 Gammakamera. Foto: KP (TOBI)

^{99}Mo indbygges i en molybdæn/technetium-generator. Her henfalder ^{99}Mo til ^{99m}Tc , som hver morgen vaskes ud af generatoren af bioanalytikeren.

- a) Hvad karakteriserer et grundstof og en isotop? Hvilken sammenhæng er der mellem ^{235}U og ^{236}U ?
- b) Udfyld tabellen:

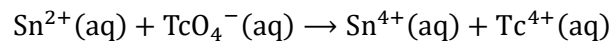
Isotop	^{235}U			^{134}Sn	
Grundstofnavn		Uran			
Atomnummer					
Antal neutroner		144	57		56
Antal protoner					43
Antal elektroner			42		

^{99m}Tc har en halveringstid på ca. 6 timer.

- c) Hvis bioanalytikeren på den nuklearmedicinske afdeling om morgenen har en opløsning, der indeholder 10,0 ng ^{99m}Tc , hvor meget ^{99m}Tc vil der være tilbage næste morgen (24 timer senere)?
- d) Hvorfor er ^{99m}Tc (blandt andet) en velegnet isotop til nuklearmedicinske undersøgelser?

Når ^{99m}Tc dannes i molybdæn/technetium generatoren, findes det som den sammensatte ion TcO_4^- , pertechnetat. Pertechnetat er i sig selv et lægemiddel, der kan bruges til skintigrafier (undersøgelser) af blandt andet skjoldbruskkirtlen og spytkirtler. For at kunne undersøge en række af kroppens organer f.eks. nyrer, hjerte eller knogler, er det nødvendigt først kemisk at binde technetium i molekyler, der specifikt optages i det organ, man vil undersøge.

Bioanalytikeren omdanner først pertechnetat, TcO_4^- , til $\text{Tc}(4+)$ ved en redoxreaktion (ikke afstemt):



e) Find oxidationstal for Tc og Sn, og udfyld tabellen:

	TcO_4^{-}	Tc^{4+}	Sn^{2+}	Sn^{4+}
Oxidationstal				

- f) Angiv hvilket stof, der oxideres/reduceres.
- g) Angiv reduktionsmidlet i reaktionen.
- h) Afstem redoxreaktionen, der forløber i sur opløsning (H^+).

Opgave 10 Klinisk fysiologi og nuklearmedicin: Undersøgelse af nyrefunktionen ●

En patient skal have undersøgt nyrefunktionen ved en gammakameraundersøgelse, en renografi, på en nuklearmedicinsk afdeling. Bioanalytikeren fremstiller inden undersøgelsen det radioaktive lægemiddel, patienten skal have indsprøjtet. Det radioaktive ^{99m}Tc tilsættes som TcO_4^- (aq), pertechnetat, til et kit (se figur 14) hvor technetium bindes i molekyler, der specifikt udskilles gennem nyrene.



Figur 14 Fremstilling af radioaktive lægemiddel til undersøgelse af nyrefunktionen. Bemærk at bioanalytikeren beskytter sig mod ioniserende stråling ved at opbevare kittet i beholder af blyglas. Foto: KP-billedsamling

I modsætning til andre lægemidler får patienten, der skal have udført en gammakameraundersøgelse, ikke en bestemt mængde af det Tc-holdige lægemiddel, men derimod en bestemt aktivitet. Denne aktivitet bestemmes ud fra blandt andet undersøgelsestypen og tidspunktet for undersøgelsen.

Aktiviteten, der måles i becquerel (Bq), er et udtryk for antallet af (radioaktive) henfald per sekund. Hvis en patient får indgivet en aktivitet på 50 MBq, svarer det til, at der ved indgivelsestidspunktet er $50 \cdot 10^6$ kerner, der henfalder i løbet af 1 sekund.

Lægemidlets aktivitet, A , afhænger af antallet af Tc-atomer tilstede, kaldet N . Aktiviteten er givet ved formel (1).

$$A = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot N \quad \text{alternativt} \quad A = 3,21 \cdot 10^{-5} \text{s}^{-1} \cdot N \quad (1)$$

$T_{1/2}$ er halveringstiden for ^{99m}Tc på 6 timer.

Patienten, der skal have undersøgt nyrefunktionen, får indsprøjtet en aktivitet af det Tc-holdige lægemiddel på 120 MBq.

- Brug formel (1) til at beregne, hvor mange Tc-atomer patienten får indsprøjtet?
- Hvor stor stofmængde svarer dette antal Tc-atomer til?
- Beregn massen af Tc. (Brug molarmassen 98,9062 g/mol). Udtryk svaret ved passende 10^x er potens og find dernæst SI-præfix. Kommenter på resultatet; er der tale om en stor masse?

Bioanalytikeren fremstiller det radioaktive lægemiddel ved først at overføre TcO_4^- , pertechnetat, til kittet svarende til en stofmængde på ca. 0,120 nmol ($0,120 \cdot 10^{-9}$ mol). I kittet findes en række stoffer bl.a. 0,200 mg $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Der tilsættes vand til en total volumen på 10,0 mL.

- Beregn de aktuelle stofmængdekonzentrationer $[\text{TcO}_4^-]$ og $[\text{Cl}^-]$ i kittet.
- På figur 14 kan man se, at bioanalytikeren flytter kittet med en lang tang. Hvorfor tror du, at bioanalytikeren gør sådan?

Opgave 11 Patologi: Forberedelse af vævsprøveindstøbning ●

På en patologi afdeling undersøger bioanalytikeren vævsprøver for sygdomme. Vævsprøven indstøbes først i paraffin, hvilket gør det muligt at skære ultratynde snit, der derefter farves, så celler og vævsstrukturer kan ses under mikroskopet.

Inden indstøbning i paraffin skal vandet i vævet fjernes. Dette gøres ved en trinvis dehydrering, hvor vandet i celler og væv erstattes med stigende koncentrationer af ethanol. Til sidst udskiftes ethanol med f.eks. heptan, der kan blande sig med paraffin.



Figur 15 Væv forberedes til indstøbning.

Foto: KP-billedsamling

- Tegn strukturformel og angiv molekylformel for de tre stoffer, der bruges til forberede vævet til indstøbning: vand, ethanol og heptan.
- Hvad er forskellen på et polært og et upolært molekyle?
- For at afgøre om en elektronparbinding (kovalent binding) er polær eller upolær, beregnes elektronegativitetsforskellen, ΔEN , for atomerne i bindingen. Brug eksemplet vist med rødt og en tabel over EN -værdier til at udfylde resten af nedenstående tabel.

Binding	N-H	C-C	O-H	C-O	C-H
ΔEN	$\Delta EN = EN(N) - EN(H)$ $= 3,0 - 2,1 = 0,9$				
Polær el. upolær	Polær, da $0,5 \leq \Delta EN \leq 2,0$				

- Sammenhold dine svar i tabellen med strukturformlerne til at afgøre om vand, ethanol og heptan er polære eller upolære molekyler? Eller eventuelt begge dele.
- Hvilken regel gælder der generelt for opløselighed/blandbarheden af polære og upolære stoffer? Udfyld skemaet.

	Polært stof	Upolært stof
Polært opløsningsmiddel		
Upolært opløsningsmiddel		

- Paraffin kan blandes med heptan. Hvad fortæller det om polariteten af paraffin?

Bioanalytikeren dypper vævet i kar med stigende koncentration af ethanol (70 v/v% til 99 v/v%) for at dehydrere det. Efter dehydreringen erstattes ethanolen med heptan. Vævet er nu klar til indstøbning i paraffin."

- g) Brug dine svar på ovenstående spørgsmål til at forklare processen, som bioanalytikeren udfører for at klargøre væv til indstøbning.

Udover på patologiafdelingen anvendes ethanol i en lang række sammenhænge af bioanalytikeren. Afhængigt af formålet benytter man forskellige koncentrationer af ethanol, ligesom koncentrationen kan være opgivet i en række forskellige enheder:



Figur 16 Ethanol og heptan anvendes også i husholdningen. Foto: KP (TOBI)

- h) Udfyld tabellen:

	Stofmængdekonzentration	Konzentration	Volumen%
Formel	$c(A) = \frac{n(A)}{V_{opl}}$		
Enhed		g/L	

- i) Oversæt præfixer m og μ til 10'er potens.
 j) Omregn mellem enheder og udfyld skemaet. Start med de omregninger, der er vist med grønt. Vis alle mellemregninger og genopfrisk din viden om potensregne regler og brøkrekning.

Fra	mol/L	g/L	mg/L	mg/mL	μ g/mL
1,00 mol/L					
2,00 g/L					
5,00 mg/L					
2,00 mg/mL					
200 μ g/mL					
70,0 v/v%					

Densiteten af ethanol er 0,7893 g/mL (ved 20 °C).

- k) Se på det udfyldte skema. Er der nogen generelle tendenser eller mønstre, du lægger mærke til i forhold til omregningerne mellem enhederne?

Opgave 12 Patologi: Farvning af vævsbiopsi ●●

Ole bliver indlagt på et hospital. For 2 måneder siden bemærkede han for første gang, at hans ankler hævede om aftenen, og han kunne kun få fødderne i sine hjemmesko. Han har indtaget mindst 12 whiskysjusser pr. dag (svarende til 300 gram alkohol pr. dag) i mindst 10 år.

Der er udtaget en biopsi til undersøgelse af Oles lever. På patologiafdelingen udfører man en farvning af væv fra biopsien til påvisning af syge forandringer af leveren. Før biopsien kan analyseres, foretager bioanalytikerne nogle indledende trin:

Biopsien indstøbes først i paraffin for at give den en fast struktur. Paraffin er en blanding af alkaner med lange carbonkæder.

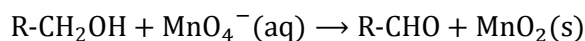
- a) Tegn strukturformel for en alkan med 12 C-atomer og uden forgreninger. Prøv også at tegne alkanen med zigzakformel. Navngiv alkanen.
- b) Beregn forskellen i elektronegativitet ΔEN mellem atomerne i alkaner, og afgør, hvilke kemiske bindinger, der er mellem atomerne i alkaner.
- c) Er paraffin hydrofobt eller hydrofilt? Begrund svaret.
- d) Hvilket smeltepunkt har paraffin (Hint: Brug internettet)?



Figur 17 Vævssnit fikseres på objektglas og farves.
Foto: KP-billedsamling

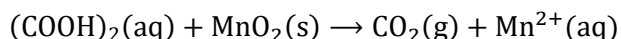
Herefter fremstilles vævssnit, dvs. biopsien skæres i ultratynde "skiver", som fikseres på et objektglas. Ved opvarmning og brug af opløsningsmidler fjernes paraffinen, og bioanalytikerne kan nu udføre en farvning af vævssnittet.

Første trin i farveproceduren er at behandle med syre og permanganat, MnO_4^- . I levervævet findes såkaldte retikulintråde med OH-grupper, som reagerer med MnO_4^- . Nedenfor ses et ikke-afstemt reaktionsskema ("R" betyder carbonkæde af ukendt størrelse og er uden betydning, når man skal beregne oxidationstal):



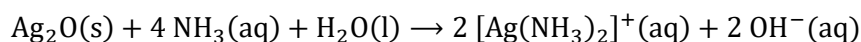
- e) Beregn oxidationstal for C og Mn.
- f) Hvilket stof bliver oxideret, og hvilket bliver reduceret?
- g) Afstem redoxreaktionen, der forløber i sur opløsning (H^+).

Derefter skylles permanganat-ionerne væk, og der tilsættes oxalsyre med formlen $(COOH)_2$. Nedenfor ses et ikke-afstemt reaktionsskema:



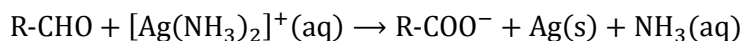
- h) Beregn oxidationstal for C og Mn.
- i) Hvilket stof bliver oxideret, og hvilket bliver reduceret?
- j) Afstem redoxreaktionen, der forløber i sur opløsning (H^+).

Metoden er en sølvfarvningsmetode. Reagenset til selve farvningen fås ved at opløse tungtopløseligt sølvoxid, Ag_2O , i koncentreret ammoniakvand som vist nedenfor:



k) Er sølvopløsningen sur eller basisk?

Når vævssnittet dyppes i sølvopløsningen, sker en reaktion med R-CHO-grupper i snittet (dannet ved den første reaktion ovenfor):



l) Beregn oxidationstal for C og Ag.

m) Hvilket stof bliver oxideret, og hvilket bliver reduceret?

n) Afstem redoxreaktionen, der foregår i basisk opløsning (OH^-).

Denne reaktion resulterer i, at der udfældes frit metallisk sølv rundt om i snittet; dette kan ses i mikroskop.

o) Hvilke strukturer i vævssnittet bliver på denne måde farvet med sølv?

● Hvis der er meget kollagen i det sølvfarvede vævssnit, kan det godt fremstå mørkt. For at lysne præparatet, så det bedre kan undersøges i mikroskop, kan der udføres en toning ved at behandle vævssnittet med guld(3+)ioner. Ved reaktionen udskiftes det udfældede frie metalliske sølv i vævssnittet med metallisk guld.

p) Opskriv et afstemt reaktionsskema for reaktionen, der sker i vævssnittet, når det behandles med Au^{3+} .

q) Forklar reaktionen ved brug af spændingsrækken.

r) Opdel reaktionsskemaet i en oxidation og en reduktion.



Figur 18 Det farvede vævssnit undersøges i mikroskop. Foto: KP-billedsamling

Opgave 13 Kobber og Wilsons sygdom ●●

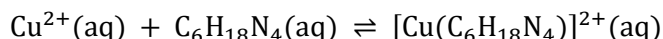
Kobber er et essentielt sporstof i kroppen, hvilket betyder, at det er nødvendigt for en række biologiske processer, men kræves kun i meget små mængder. Det spiller en afgørende rolle i en række enzymer og andre proteiner, der er involveret i forskellige funktioner i kroppen (f.eks. hæmoglobinsyntese og neurotransmitterproduktion)

Kobber er giftigt i større mængder, og kroppen har derfor mekanismer til at regulere omsætningen af kobber, sådan at der opretholdes en passende balance.

Wilson's sygdom er en sjælden genetisk lidelse, der påvirker kroppens evne til at regulere denne omsætning af kobber (kobbermetabolismen), hvilket fører til ophobning af overskydende kobber i forskellige organer, især leveren og hjernen. Sygdommen er opkaldt efter den britiske neurolog Samuel Alexander Kinnier Wilson, der først beskrev den i 1912 efter at have bemærket en række karakteristiske symptomer hos patienter. Patienterne viste ofte tegn på leverskade, havde neurologiske symptomer såsom bevægelsesforstyrrelser og karakteristisk brunlig misfarvning af øjets hornhinde, som følge af ophobning af kobber. [Forslag til baggrunds-læsning: Wilsons sygdom \(på engelsk\)](#) (Link: Wikipedia)

Wilson's sygdom behandles ved kemisk at fjerne den ophobede mængde kobber i kroppen og reducerer mængden af kobber, der optages.

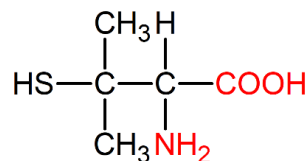
En patient, der vejer 78 kg og er i behandling mod Wilson's sygdom, tager dagligt 800 mg trientin. Trientin med molekylformlen $C_6H_{18}N_4$ binder kobber(2+)ioner efter reaktionsskemaet:



- a) Beregn molarmassen af trientin.
- b) Som tommelfingerregel siger man, at kroppen indeholder 1 L blod per 13 kg kropsvægt. Hvor stort volumen blod indeholder patienten?
- c) Beregn den formelle stofmængdekonzentration af trientin i patientens blod efter at have taget en daglig dosis trientin. (Bemærk, at denne beregning er forsimplet i forhold til virkeligheden.)
- d) Hvor meget kobber, Cu, kan den daglige dosis trientin binde?

Et andet lægemiddel til behandling af Wilson's sygdom er penicillamin:

- e) Brug en oversigt over hydrofile og hydrofobe grupper til at forudsige om penicillamin kan opløses i vand. Antag at HS-gruppen er upolær.



Figur 19 Strukturformel for penicillamin

- f) Navngiv de funktionelle grupper i penicillamin vist i rødt.
- g) De to funktionelle grupper (vist i rødt) har forskellige syre-base-egenskaber. Undersøg hvilke, og opskriv reaktionsskemaer for penicillamins mulige reaktioner med vand. Hvilken form af penicillamin vil dominere i stærk sur opløsning (f.eks. i mavesyren)?
- h) Marker eventuelle asymmetriske carbonatomer i penicillamin og afgør om stoffet udviser spejlbilledisomeri.

Løsninger

Udregninger er foretaget med molarmasser fra Basiskemi.

Opgave 1 Desinfektion

a) Ionforbindelse (Na^+ og ClO^-); **b)** 28,08 g/L; **c)** 0,3772 mol/L; **d)** $3,13 \cdot 10^{-12}$ mol/L; **e)** 11,5; **f)** På hver side af reaktionspil (reaktant- og produktside) 2 stk. af Cl, Na, O og H; **g)** Cl_2 : Dichlor, NaOH: Natriumhydroxid, NaCl: Natriumchlorid, NaOCl: Natriumhypochlorit, H_2O : Vand; **h)** 25,72 g; **i)** 29,02 g; **j)** 1,45 L; **k)** Redoxreaktioner; **l)** 6,21 g; **m)** $0,943 \cdot 10^{-3}$ mol; **n)** $n(\text{I}_2) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$; $0,472 \cdot 10^{-3}$ mol; **o)** 0,0189 mol/L (fortyndet), 0,3772 mol/L (ufortyndet); **p)** Ja.

Opgave 2 Klinisk biokemi: Antal hvide blodlegemer (B-leukocytter)

a) 407,97 g/mol; **b)** $10,0 \cdot 10^{-3}$ g; **c)** 0,175 mol/L; **d)** Enheden celler/L (antalskoncentration) udtrykker antallet af celler pr. liter opløsning, $\mu\text{L} = 10^{-6}$ L; **e)** 0,200 mm^3 ; **f)** 0,200 μL ; **g)** 83; **h)** 415 celler/ μL ; **i)** $8,3 \cdot 10^9$ celler/L; **j)** Patientens B-leukocytter, antalsk. ligger inden for normalområdet (referenceintervallet).

Opgave 3 Klinisk biokemi: Antal røde blodlegemer (B-erythrocytter)

a) Natriumchlorid, kviksølv(2+)chlorid, natriumsulfat; **b)** NaCl: 0,500 g, HgCl_2 : 0,250 g, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$: 2,50 g; **c)** $[\text{Hg}^{2+}] = 9,21$ mM, $[\text{Cl}^-] = 18,4$ mM; **d)** Sur; **e)** $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,26 \cdot 10^{-6}$ mol/L, $[\text{OH}^-] = 7,94 \cdot 10^{-9}$ mol/L; **f)** 0,02 mm^3 ; **g)** 0,02 μL ; **h)** 475; **i)** 23750 celler/ μL ; **j)** $4,8 \cdot 10^{12}$ celler/L; **k)** Patientens B-erythrocytter, antalsk. ligger inden for normalområdet (referenceintervallet).

Opgave 4 Klinisk biokemi: Blodets pH

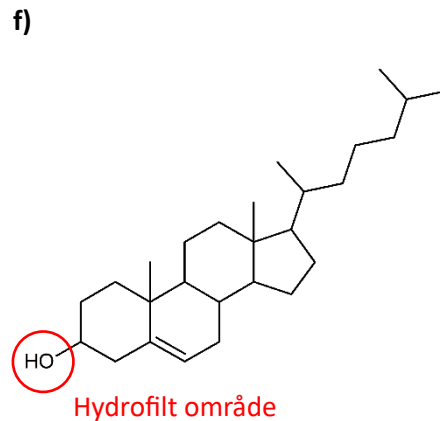
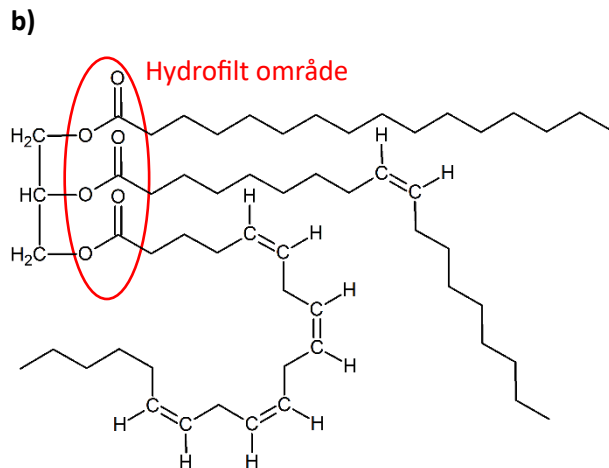
a) 7,50; **b)** $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$; **c)** $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$ og $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$; **d)** Stærk syre: reagerer tæt ved fuldstændigt med vand (stor "tilbøjelighed" til at afgive en hydron), svag syre: reagerer kun delvist med vand; **e)** HCO_3^- kan optræde som både syre (afgive H^+) og base (optage H^+); **f)** $\text{pH} = \text{p}K_s(\text{H}_2\text{CO}_3) + \log([\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3])$; **g)** $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3] = 20,0$. Der er ca. 20x mere pufferbase end puffersyre og puffersystemet er bedst i sur-retning.; **h)** Reaktionskema fra b) lægges sammen med det fra opgaven; **i)** CO_2 -koncentrationen øges, ligevægten forskydes i den retning der mindsker koncentrationen dvs. mod højre. Ved forskydningen af ligevægten mod højre øges $[\text{H}_3\text{O}^+]$; **j)** CO_2 fjernes ved udånding, ligevægten forskydes i den retning hvor CO_2 gendannes dvs. mod venstre; **k)** $[\text{H}_3\text{O}^+]$ mindskes, blodets pH bliver højere.

Opgave 5 Klinisk biokemi: Måling af glucose

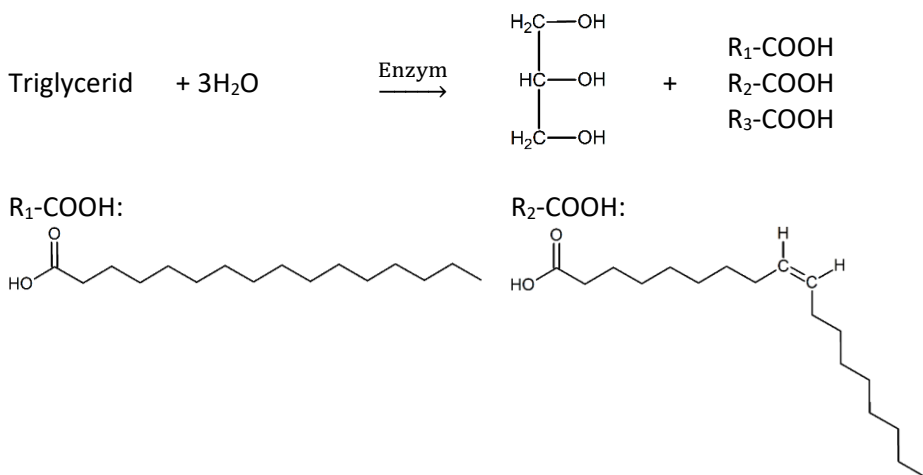
a) Er enzymer; **b)** For hvert glucosemolekylet dannes 1 NADPH molekyle ($n(\text{NADPH}) = n(\text{glucose})$); **c)** 0,161 mmol/L; **d)** Patient 1: 0,52 mmol/L, patient 2: 0,40 mmol/L, patient 3: 1,2 mmol/L; **e)** 2,5%; **f)** Referenceintervallet benyttes til vurdere hvorvidt et laboratorieresultat afviger fra det normale; **g)** Patient 3; **h)** Nej. Et referenceinterval er et interval hvor 95 % af raske personers værdier ligger indenfor. Resultater som ligger udenfor referenceintervallet, er det ikke nødvendigvis ensbetydende med, at den pågældende person er syg; **i)** 3,9-6,7 mmol/L; **j)** Referenceintervallet for glucose er større på det amerikanske hospital.

Opgave 6 Klinisk biokemi: Måling af lipider

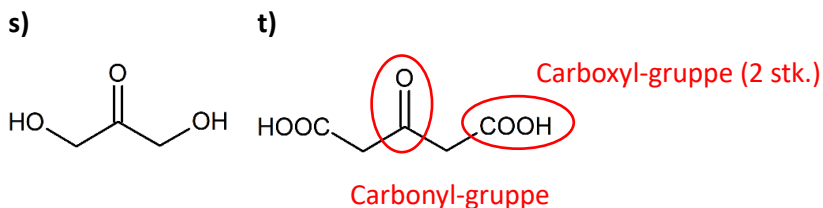
a) Upolære elektronpar/kovalente-bindinger (C-C og C-H) og polære elektronpar/kovalente-bindinger (C-O); **b)** Se nedenstående figur, hydrofilt område er markeret med rød cirkel, resten af molekylet er hydrofobt; **c)** Da triglyceridet overvejende består af upolære bindinger er molekylet upolært/hydrofobt og derfor uopløseligt i polært vand; **d)** Oplagsnæring/energilagring, isolering mod varmetab, stødabsorberende; **e)** Upolære elektronpar/kovalente-bindinger (C-C og C-H) og polære elektronpar/kovalente-bindinger (O-H og C-O); **f)** Se nedenstående figur, hydrofilt område er markeret med rød cirkel, resten af molekylet er hydrofobt;



g) Da kolesterol overvejende består af upolære bindinger er molekylet upolært/hydrofobt og derfor uopløseligt i polært vand; **h)** Byggesten i cellemembraner, forstadie til steroidhormoner og D-vitaminsyntese; **i)** Kønshormoner (f.eks. estradiol og testosteron), galde-salte (f.eks. glycocholsyre), opbygning af cellemembraner (kolesterol), vitaminer (vitamin D3); **j)** cyclisk alkohol: hydroxygruppe bundet til cyclohexan, umættet: dobbeltbinding mellem to carbonatomer; **k)** Hydrolyse, se nedenstående figur;

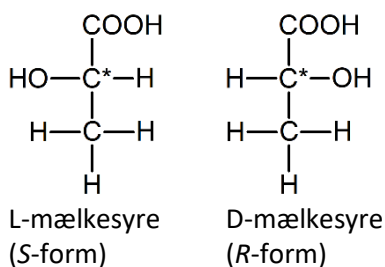


l) Fedtsyre 1 (øverst): mættet, fedtsyre 2 (midt): monumættet, fedtsyre 3 (nederst): polyumættet; **m)** Umættede stoffer kan deltage i additionsreaktioner. Fedtsyre 2 og 3 er umættede og kan i modsætning til fedtsyre 1 addere Br_2 , farve af Br_2 forsvinder; **n)** Fedtsyre 2 og 3 (umættet), Alle dobbeltbindinger er på *cis*-form da de alle har to hydrogenatomer placeret på samme side af dobbeltbindingen; **o)** Fedtsyre 1: hexadecansyre (palmitinsyre), fedtsyre 2: 9-*cis*-octadec-9-ensyre (oliesyre); **p); q)** Alkoholgrupperne på carbonatom 1 og 3 er primære (OH-gruppen endestillet), alkoholgruppen på carbonatom nr. 2 er sekundær (OH-gruppen sidder inde i kæde); **r)** Redoxreaktion (oxidation); **s)** Se nedenstående figur; **t)** Se nedenstående figur; **u)** UV-Vis spektrofotometri. Nødvendige trin: Forberedelse af prøve, måling af absorptionspektrum af farvet stof og bestemmelse af λ_{max} , fremstilling af standardkurve ved at måle absorbansen af standardopløsninger med kendt koncentration af det farvede stof ved bølgelængden λ_{max} , måle absorbansen af patientprøve-opløsningen ved samme bølgelængde, bestemme koncentrationen af det farvede stof i prøven ved Lambert-Beers lov og standardkurven; **v)** $n(\text{Triglycerid})=n(\text{Farvet stof})$ alle fire reaktioner skal forløbe fuldstændigt;



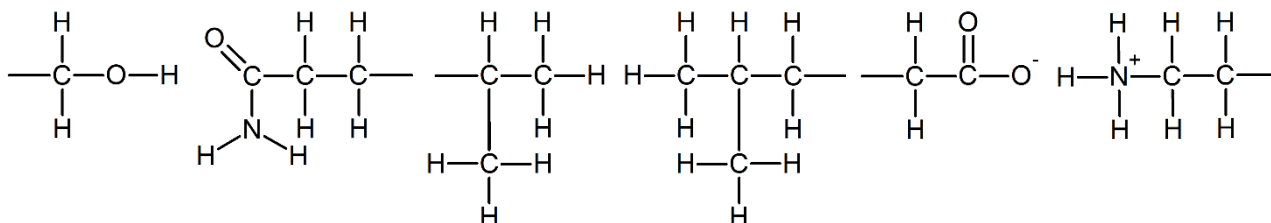
Opgave 7 Klinisk mikrobiologi: Identifikation af bakterier

a) Stof hvis syre- og baseform har forskellige farver, stoffet kan derfor vise opløsningens pH i forhold til indikatorens omslagsinterval; **b)** Blå; **c)** Når pH falder i vækstmediet ved nedbrydning af lactose skifter pladen farve, farveskriftet viser tilstedeværelse af lactose-nedbrydende bakterier; **d)** Basisk; **e)** Saltsyre; **f)** Pepton: 2 g, NaCl: 1 g, bromthymolblåt-opløsning: 0,6 mL; **g)** Ved autoklaveringen dræbes eventuelle bakterier i vækstmediet, så kun de udsåede bakterier undersøges og identificeres; **h); i); j);** 11,7; **k)** $pK_s(\text{mælkesyre}) = 3,86$, middelstærk syre ($0 < pK_s < 4$), 2,44; **l)** 14,0 mL; **m)** 0,055 mol/L; **n)** Phenolphthalein; **o)** Carbonatom nr. 2 er asymmetrisk (vist med *) da det er bundet til fire forskellige atomer eller atomgrupper hvilket giver anledning til spejlbilledisomeri.



Opgave 8 Klinisk immunologi: Blodtyper

a) Se nedenstående:



b) Carbon står i gruppe 14(IV) og har fire elektroner i yderste skal. Disse fire elektroner kan jf. ædelgasreglen indgå i fire elektronparbindinger (kovalente bindinger); **c)** Nitrogen står i gruppe 15(V) og har fem elektroner i yderste skal, tre elektroner kan indgå i elektronparbindinger (kovalente bindinger) og lave tre bindinger, det ledige elektronpar kan lave binding til fx H^+ ved en syre-base reaktion; **d)** Upolær elektronparbinding (kovalent binding): C-C, C-H, Polær elektronparbinding (kovalent binding): C-O, N-H, O-H; **e)** Hydrogenbinding ("NOF-regel"): $-\text{CH}_2-\text{OH} \cdots \text{O}=\text{C}(\text{NH}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$, Londonbinding (upolære bindinger): $-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_3$ $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-$, Ionbinding (positiv og negativ ion): $-\text{CH}_2-\text{COO}^- \text{ } ^+\text{H}_3\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$; **f)** $K = [\text{AgAb}]/[\text{Ag}][\text{Ab}]$; **g)** Øges koncentrationen af Ab som ydre indgreb vil ligevægten forskydes i den retning der formindsker virkningen af indgrebet dvs. fjerner Ab. Forskydning mod produktside/højre side.

Opgave 9 Klinisk fysiologi og nuklearmedicin: Radioaktive lægemidler

a) Et grundstof består af atomer med samme atomnummer (samme antal protoner i kernen), atomer med samme atomnummer med forskellig antal neutroner kaldes isotoper; **b)** Se nedenstående:

Isotop	²³⁵ U	²³⁶ U	²³⁶ U	¹³⁴ Sn	⁹⁹ Tc
Grundstofnavn	Uran	Uran	Molybdæn	Tin	Technetium
Atomnummer	92	92	42	50	43
Antal neutroner	143	144	57	84	56
Antal protoner	92	92	42	50	43
Antal elektroner	92	92	42	50	43

c) 0,625 ng; **d)** Tc anvendes blandt andet pga. den passende med korte halveringstid (undersøgelsen kan gennemføres); **e)** TcO_4^- : +VII, Tc^{4+} : +IV, Sn^{2+} : +II, Sn^{4+} : +IV; **f)** TcO_4^- reduceres og Sn^{2+} oxideres; **g)** Sn^{2+} (egentlig SnCl_2); **h)** $3\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{TcO}_4^-(\text{aq}) + 16\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 3\text{Sn}^{4+}(\text{aq}) + 2\text{Tc}^{4+}(\text{aq}) + 8\text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

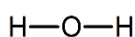
Opgave 10 Klinisk fysiologi og nuklearmedicin: Undersøgelse af nyrefunktionen

a) $3,74 \cdot 10^{12}$ atomer; **b)** $6,21 \cdot 10^{-12}$ mol; **c)** $6,14 \cdot 10^{-10}$ g (614 pg); **d)** $[\text{TcO}_4^-] = 1,20 \cdot 10^{-8}$ mol/L, $[\text{Cl}^-] = 17,7 \cdot 10^{-5}$ mol/L; **e)** Selv en mindre forøgelse af afstanden til den radioaktive kilde kan betydeligt reducere den strålingsdosis, som bioanalytikeren udsættes for. Strålingsdosis reduceres generelt med øget afstand, hvilket gør det til en vigtig sikkerhedsforanstaltning i arbejdet med radioaktive materialer.

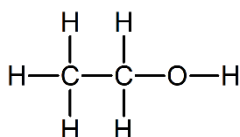
Opgave 11 Klinisk patologi: Forberedelse af vævsprøveindstøbning

a)

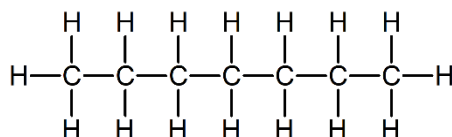
Vand (H_2O)



Ethanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$)



Heptan (C_7H_{16})

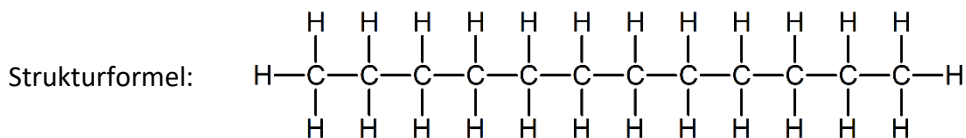


b) Et molekyle er polært hvis det har en "positiv" og "negativ" side (en dipol), tilstedeværelse af polære elektronparbindinger (kovalente bindinger), upolært molekyle indeholder upolære bindinger; **c)** $\Delta EN(\text{C}-\text{C}) = 0,0$ (upolær), $\Delta EN(\text{O}-\text{H}) = 1,4$ (polær), $\Delta EN(\text{C}-\text{O}) = 1,0$ (polær) $\Delta EN(\text{C}-\text{H}) = 0,4$ (upolær); **d)** Vand: polært, Ethanol: overordnet polær men har en polær og upolær ende, Heptan: upolært; **e)** Stoffer der ligner hinanden i polaritet kan blandes med hinanden; **f)** Paraffin er upolært, **g); h)** Stofmængdekonzentration: $c(\text{A}) = n(\text{A})/V_{\text{opl}}$ (enhed: mol/L), (masse)konzentration: $c(\text{A}) = m(\text{A})/V_{\text{opl}}$ (enhed: g/L) Volumen%: $c_{\text{volumen\%}}(\text{A}) = V(\text{A})/V_{\text{opl}}$ ("enhed" v/v%); **i)** [m]: 10^{-3} og [μ]: 10^{-6} ; **j)** Se nedenfor; **k).**

Fra	mol/L	g/L	mg/L	mg/mL	$\mu\text{g/mL}$
1,00 mol/L	-	46,1	$46,1 \cdot 10^3$	46,1	$46,1 \cdot 10^3$
2,00 g/L	0,0434	-	2000	2,00	2000
5,00 mg/L	$1,085 \cdot 10^{-4}$	0,005	-	0,005	5,00
2,00 mg/mL	0,0434	2,00	2000	-	2000
200 $\mu\text{g/mL}$	$4,34 \cdot 10^{-3}$	0,200	200	0,200	-
70,0 v/v%	0,171	7,89	$7,89 \cdot 10^3$	7,89	$7,89 \cdot 10^3$

Opgave 12 Patologi: Farvning af vævsbiopsi

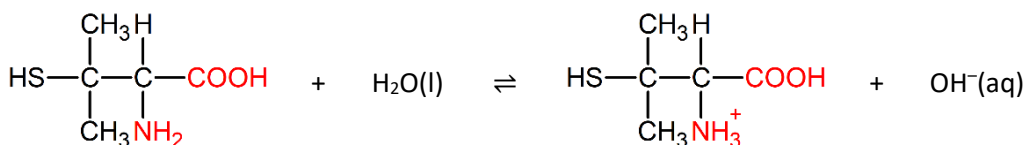
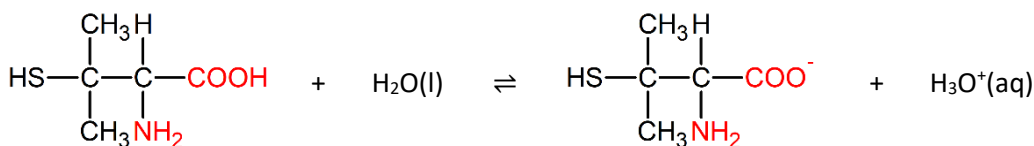
a) Dodecan (12 C-atomer)



b) $\Delta EN(C-C) = 0,0$ (upolær), $\Delta EN(C-H) = 0,4$ (upolær). Alkaner indeholder udelukkende upolære bindinger og er derfor upolære molekyler; c) Hydrofobt; d) Typisk 59-60 °C; e) R-CH₂OH: -I, R-CHO: +I, MnO₄⁻: +VII, MnO₂: +IV; f) R-CH₂OH oxideres og MnO₄⁻ reduceres; g) 3R-CH₂OH + 2MnO₄⁻(aq) + 2H⁺(aq) → 3R-CHO + 2MnO₂(s) + 4H₂O(l) + 8H₂O(l); h) (COOH)₂: +III, CO₂: +IV, MnO₂: +IV, Mn²⁺: +II; i) (COOH)₂ oxideres og MnO₂ reduceres; j) (COOH)₂(aq) + MnO₂(s) + 2H⁺(aq) → 2CO₂(g) + Mn²⁺(aq) + 2H₂O(l); k) basisk; l) R-CHO: +I, R-COO⁻: +III, [Ag(NH₃)₂]⁺: +I, Ag: 0; m) R-CHO oxideres og [Ag(NH₃)₂]⁺ reduceres; n) R-CHO + 2[Ag(NH₃)₂]⁺(aq) + 3OH⁻(aq) → R-COO⁻(aq) + 2Ag(s) + 2NH₃(aq) + 2H₂O(l); o) Retikulintråde i levervævet; p) 3Ag(s) + Au³⁺(aq) → 3Ag⁺(aq) + Au(s); q) Au står længere til højere i spændingsrækken end Ag dvs. Ag kan afgive elektroner til Au(3+); r) Oxidation: Ag(s) → Ag⁺(aq) + e⁻, reduktion: Au³⁺(aq) + 3e⁻ → Au(s)

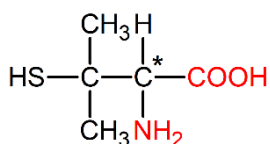
Opgave 13 Kobber og Wilsons sygdom

a) 146,244 g/mol; b) 6 L; c) 0,912·10⁻³ mol/L; d) 0,348 g; e) Opløselig i vand; f) -NH₂: Amin, -COOH: carboxyl (carboxylsyre); g)



Dominerende form i stærk sur opløsning

h) Carbonatom nr. 2 er asymmetrisk (vist med *) da det er bundet til fire forskellige atomer eller atomgrupper.



Der tages forbehold for fejl.