

Tehtävä 1

30p

1. **Oikein:** Vesi on äänelle aalto-opillisesti harvempaa kuin ilma, joten ääniaalto taittuu rajapinnassa pinnan normaalista poispäin.
2. **Väärin:** Hilayhtälön mukaan taipumiskulma on sitä suurempi, mitä suurempi on aallonpituus.
3. **Väärin:** Umpinainen pallo vierii nopeammin, koska sen hitausmomentti on pienempi kuin samanmassaisen ja -säteisen onton pallon.
4. **Väärin:** Kuva muodostuu kokonaisena, mutta siitä tulee himmeämpi, koska osa valonsäteistä kulkisi peitetyn osan läpi.
5. **Oikein:** Lähestyvän kohteen säteilyn aallonpituudet pienenevät, eli taajuus kasvaa.
6. **Oikein**
7. **Oikein:** Koska kondensaattorin kapasitanssi kasvaa jännitteen pysyessä vakiona, varastoitunut energia kasvaa.
8. **Oikein**
9. **Väärin:** Nesteen haihtuessa höyrystymistä tapahtuu vain vapaalla pinnalla.
10. **Oikein**
11. **Väärin:** Puolijohteen ollessa kytketty päästösuuntaan on anodi (p-puoli) korkeammassa potentiaalissa katodiin (n-puoli) verrattuna.
12. **Oikein:** Koska alumiini on johde, syntyy kappaleen sisään ulkoisen kentän suuruinen mutta vastakkaissuuntainen sähkökenttä, joten kokonaissähkökenttä on nolla.
13. **Väärin:** Kondensaattorin vaihe-ero on negatiivinen.
14. **Oikein**
15. **Väärin:** Fotoni välittää sähkömagneettista vuorovaikutusta. Sen sijaan vahvan vuorovaikutuksen välittäjähiukkanen on gluoni.
16. **Väärin:** Oikean käden säännön mukaan länteen osoittava siipi varautuu positiivisesti.
17. **Väärin:** Kun lamppuja kytketään kaksi rinnan, virtapiirin kokonaisresistanssi pienenee, jolloin sähkövirta kasvaa ja paristo purkautuu nopeammin.
18. **Väärin:** Liike-energiaa muuntuu mm. törmäykseen osallistuneiden kappaleiden sisäenergiaksi.
19. **Väärin:** Annihilaatiossa positronin ja elektronin yhdistyessä gammakvantteja syntyy kaksi.
20. **Oikein:** Elektronisieppauksen yhteydessä voidaan havaita röntgenspektrin ominaissäteilyä.
21. **Oikein**
22. **Oikein**
23. **Väärin:** insuliinihoito on välttämätöntä tyyppi 1:n hoidossa mutta ei tyyppi 2:n
24. **Väärin:** haiman endokriinisesta osasta
25. **Väärin:** anabolisia
26. **Oikein**
27. **Oikein**
28. **Väärin:** borrelioosi on bakteeri- ja puutiaisaivokuume on virustauti.
29. **Väärin**
30. **Väärin:** sekvensoinnissa eli geenin emäsjärjestyksen selvittämisessä tarvitaan myös elektroforeesia



31. **Väärin:** kaksinkertaista
32. **Väärin:** erytromysiinin teho perustuu sen kykyyn estää bakteerin proteiinisynteesiä
33. **Oikein:** elohopea muuttuu metyylielohopeaksi anaerobisen mikrobitoiminnan seurauksena
34. **Väärin:** PCB tekee sitä DDT ohentaa lintujen munien kuoria
35. **Oikein**
36. **Väärin**
37. **Oikein**
38. **Väärin:** varsi lähtee takaosasta
39. **Väärin:** kilpirauhashormoni on rasvaliukoinen eli pääsee solukalvon läpi suoraan solun sisään.
40. **Oikein**
41. **Väärin:** Kataboliset hormonit lisäävät proteiinien hajotusta, anaboliset vastaavasti synteesiä.
42. **Väärin:** $29,4\text{g Na}_2\text{SO}_4 \sim 0,2\text{ mol}$ (moolimassa $\sim 142\text{g/mol}$), $0,2\text{ mol} * 4 * N_A \sim 5,0 * 10^{23}$ happimolekyylä.
43. **Oikein:** Henderson-Hasselbalch -yhtälön log-termi on tällöin 0.
44. **Oikein:** $0,0000006\text{ M} * 2 = 0,0000012\text{ M} > 0,000001\text{ M} = 1\text{ mikromooli}$. Bariumhydroksidi on kahdenarvoinen vahva emäs.
45. **Väärin:** Luonnollinen veren pH $\sim 7,4$ joten kyseessä on alkaloosi, ei asidoosi.
46. **Oikein:** Tämä on yksi syy, miksi asidoosi/alkaloosi on keholle haitallinen tila.
47. **Väärin:** Alkoholi sisältää vähemmän energiaa massayksikköä kohden verrattuna rasvaan (ja enemmän verrattuna hiilihdraatteihin).
48. **Oikein:** Allosteerinen säätelijä muuttaa entsyymien konformaatiota (esim. T/R-muodot) siten muuttaen sen aktiivisuutta.
49. **Oikein:** Vesi voi toimia sekä haponä, että emäksenä.
50. **Väärin:** Hiilidioksidi reagoi veden kanssa muodostaen hiilihappoa, mikä laskee veren pH:ta.
51. **Oikein:** Nämä täytyy saada ravinnosta, sillä keho ei pysty syntetisoimaan niitä itse.
52. **Väärin:** Kyseessä voi olla hapen isotooppi, mutta se olisi radioaktiivinen, ei stabiili.
53. **Oikein:** Voidaan päätellä hapen järjestysluvusta ja suhteellisesta atomimassasta (jaks. järjestelmä).
54. **Oikein:** Protonien konsentraatio pienenee (= pH nousee) tilavuuden kasvaessa (protonien lukumäärä vakio!).
55. **Oikein:** Tässä hyödynnetään esim. veren puskuriominaisuutta, (esim. hiilihappo-bikarbonaatti-puskuri) jonka avulla entsyymien toimintaympäristö/aktiivisuus ei muutu merkittävästi.
56. **Väärin:** Diureetti kyllä, joten virtsaneritys kasvaa, mutta tällöin kehosta poistuu nestettä.
57. **Väärin:** A-vitamiini on rasvaliukoinen.
58. **Oikein:** Atomien kineettinen energia kasvaa lämpötilan kasvaessa.
59. **Oikein:** Vastaavasti sen hajottaminen vapauttaa energiaa.
60. **Väärin:** Aivot käyttävät pääasiallisena energialähteenään glukoosia (pystyvät käyttämään myös ketoaineita).

Tehtävä 2

24p

A.

61. **Oikein**
62. **Väärin:** Diffraktiokulma saadaan laskettua hilayhtälöllä $\sin \theta = \frac{k\lambda}{d}$. Koska punaisen valon aallonpituus on suurin, se taipuu eniten.
63. **Väärin:** Valkoinen pinta heijastaa kaiken valon takaisin. Musta ei heijasta yhtäkään aallonpituutta, vaan absorboi kaiken.
64. **Väärin:** Valo koostuu lukemattomista taajuuksista ja aaltojen vaihe-erot muuttuvat jatkuvasti eli aallot ovat epäkoherentteja.
65. **Oikein**

B.

66. **Väärin:** solut turpoavat
67. **Oikein**
68. **Väärin:** avustetussa diffuusiossa kulkeutuminen kuljettajan läpi passiivisesti suuremmasta pitoisuudesta pienempään.
69. **Väärin:** rasvahappo-osat ovat hydrofobisia ja suuntautuvat toisiaan kohti ”sisään päin” eivätkä ole kosketuksissa veteen.
70. **Väärin:** eksosytoosilla aineita kuljetetaan solusta ulos (endosytoosilla sisään).

C.

71. **Väärin:** kolmea tyyppiä eli siniselle, punaiselle ja vihreälle herkät tapit.
72. **Oikein**
73. **Oikein**
74. **Väärin**
75. **Väärin:** korvatorvi johtaa välikorvasta nenänieluun.

D.

76. **Väärin:** hypotalamuksessa.
77. **Oikein**
78. **Väärin:** rasvat imeytyvät suolistosta imusuoniin ja päätyvät imusuonistosta verenkiertoon
79. **Oikein**
80. **Oikein**

E.

81. **Oikein**
82. **Väärin:** esitumallisilla ei ole mitokondrioita
83. **Oikein**
84. **Oikein**
85. **Oikein**



F. ^{181}W on radioaktiivinen ydin, joka hajoaa elektronisieppauksen kautta. Mikä/mitkä seuraavista on/ovat oikea reaktioyhtälö?

- 86. **Väärin**
- 87. **Oikein**
- 88. **Väärin**
- 89. **Väärin**
- 90. **Väärin**

G. Aapo-Astronautti kykenee Maan pinnalla hyppäämään 66 tuumaa korkean laatikon päälle. Käydessään Jupiterissa hän huomasi hypystä katoavan korkeutta, koska $g_{\text{Jupiter}} = 24,79 \text{ m/s}^2$. Kuinka korkealle Aapo-Astronautti kykeni hyppäämään Jupiterissa? Kaasukehän vaikutusta ei oteta huomioon ja $1'' = 2,54\text{cm}$

- 91. **Väärin**
- 92. **Väärin**
- 93. **Oikein**
- 94. **Oikein**
- 95. **Väärin**

H.

- 96. **Väärin**
- 97. **Oikein**
- 98. **Väärin**
- 99. **Väärin**
- 100. **Oikein**

I.

- 101. **Väärin**
- 102. **Väärin**
- 103. **Oikein**
- 104. **Väärin**
- 105. **Oikein**

J.

- 106. **Oikein**
- 107. **Väärin**
- 108. **Oikein**
- 109. **Väärin**
- 110. **Oikein**

K.

111. **Oikein**
 112. **Väärin:** NA:ssa on kolme vetysidosta guaniinin ja sytosiinin välillä. Guaniini on puriini, mutta sytosiini on pyrimidiini.
 113. **Väärin:** DNA:ssa ei ole urasiilia.
 114. **Oikein**
 115. **Väärin:** Deoksiriboosi eroaa riboosista siten, että deoksiriboosissa 2' hiileen ei ole sitoutunut hydroksyyli-ryhmää.

L.

116. **Väärin:** Galvaanisessa kennossa elektronit liikkuvat ulkoista johdinta pitkin anodilta katodille. Sähkövirran suunta on elektronien liikesuunnalle vastakkainen, eli katodilta anodille.
 117. **Väärin:** Suojattavan rakenteen korroosiota hidastavaa uhrianodia käytetään hyväksi katodisessa suojauksessa.
 118. **Oikein**
 119. **Oikein**
 120. **Oikein**

Tehtävä 3

8p

Oikein valitusta väittämästä saa +0,5p, väärin valitusta väittämästä ei saa miinuspisteitä.

	Oikein	Väärin
Polttaiseläimiä esiintyy ainoastaan vesiympäristössä.	X	
Piikkinahkaiset voivat lisääntyä suvullisesti sisäisen siitoksen avulla.		X
Laakamadot ovat kaksikytkisiä.	X	
Meritähdet kuuluvat polttiaiseläimiin.		X
Nilviäisillä on yksiaukkoinen ruuansulatuskanava.		X



Niveljalkaisilla on sisäinen tukiranka.		X
Piikkinahkaisia eläiä sekä maa-että vesiympäristöissä.		X
Nivelmadoilla on tikapuuhermosto.	X	
Nivelmadoilla on avoin verenkierto.		X
Polttaiseläimet ovat säteittäissymmetrisiä.	X	
Selkäjänteisten keskuudessa esiintyy sekä suvullista että suvutonta lisääntymistä.	X	
Niveljalkaisilla on tikapuuhermosto sekä alkeelliset aivot.	X	
Piikkinahkaisilla on sisäinen tukiranka.	X	
Niveljalkaisilla on suljettu verenkierto.		X
Selkäjänteisillä on hyvä regeneraatiokyky.		X
Äyriäiset kuuluvat nilviäisten pääryhmään.		X

Tehtävä 4

4p

Mikä on toimistotuolin ja työntekijän yhteinen pyörimisnopeus lopussa?

- Ensin lasketaan kulmanopeus kiihdytyksen jälkeen:
- $\omega_a = at = 1,13 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \cdot 8,0 \text{ s} = 9,04 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ (0,5 p)
- Kiihdytyksen jälkeen pyörimismäärä säilyy:
- $J_a \omega_a = J_l \omega_l$ (0,5 p)
- $J_a = J_{\text{keskivartalo}} + 4 \cdot J_{\text{levitettyraaja}} + 2 \cdot J_{\text{käsipaino1}} = 0,832 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 4 \cdot 0,261 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 2 \cdot 1,5 \text{ kg} \cdot (0,70 \text{ m})^2 = 3,346 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ (1 p)
- $J_l = J_{\text{keskivartalo}} + 4 \cdot J_{\text{kiinniolevaraaja}} + 2 \cdot J_{\text{käsipaino2}} = 0,832 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 4 \cdot 0,111 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 2 \cdot 1,5 \text{ kg} \cdot \left(\frac{0,45 \text{ m}}{2}\right)^2 = 1,427875 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ (1 p)



- Pyörimismäärän säilymisestä saadaan, että kulmanopeus lopussa on:
- $\omega_l = \omega_a \frac{J_a}{J_l} = 9,04 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot \frac{3,346 \text{ kg}\cdot\text{m}^2}{1,427875 \text{ kg}\cdot\text{m}^2} = 21,18381511 \dots \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ (0,5 p)
- Tehtävässä kysytty pyörimisnopeus saadaan kaavalla:
- $n = \frac{\omega_l}{2\pi} = \frac{21,18381511 \dots \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{2 \cdot 3,14} = 3,373218967 \dots \frac{1}{\text{s}} \approx 3,4 \frac{1}{\text{s}}$ (jokin muu yksikkö vastauksessa kelpaa myös, kunhan on kaksi merkitsevää numeroa) (0,5 p)

Tehtävä 5

15p

a) Hormonit ovat kemiallisesti monimuotoinen ryhmä molekyyliä. Niiden kuljetus- ja toimintamekanismit riippuvat suurimmaksi osaksi niiden poolisuudesta. Miten voimakkaasti pooliset hormonit eroavat lähes poolittomina pidettävistä hormoneista niiden kuljetuksen ja toiminnan suhteen? (2,5p)

- Poolittomat/pooliset
 - Rasvaliukoinen/vesiliukoinen +0,5p
 - Vaatii kuljettajan veressä/liukenee vereen +0,5p
 - Diffundoituu/vaatii kuljettajan solukalvon ylitse +0,5p
 - Solunsisäinen reseptori/reseptori solukalvolla +0,5p
 - (Suora vaikutus/toisiolähettilä) +0,5p

b) Miten aldosteroni ja vasopressiini vaikuttavat verenpaineeseen ja mistä niitä erittyy? (2,5p)

- Munuaisiin virtaavan veren alentunut paine aistitaan jukstaglomerulaarisoluissa, jotka erittävät reniiniä. Reniini-angiotensiini-ketju aktivoi aldosteronin erityksen lisämunuaiskuoresta. Aldosteroni on rasvaliukoinen steroidihormoni joka vaikuttaa mm. munuaisten distaaliseen kiemuratiehyeen epiteelisoluihin.
 - Aldosteroni aiheuttaa lisääntyntä Na-ionien takaisinottoa alkuvirtsasta. +0,5p
 - Johtuen osmoosista, Na-takaisinoton seurauksena vesi seuraa ioneja alkuvirtsasta soluihin. +0,5p



- Johtaa vähentyneeseen vedeneritykseen (suurentuneeseen veden retentioon) jonka seurauksena verenpaine kohoaa. +0,5p
- Erittyy lisämunuaiskuoresta. +0,25p

- Vasopressiinia (ADH; antidiureettinen hormoni) erittyy aivolisäkkeen takalohkosta, kun verenpaineen lasku aistitaan ydinjatkeessa. Se lisää veden suoraa takaisinottoa distaalisissa kiemuratiehyeissä stimuloimalla veden kuljetukseen erikoistuneiden proteiini-kompleksien, akvaporiinien, muodostumista.

- Erittyy aivolisäkkeen takalohkosta +0,25p
- Aiheuttaa veden takaisinottoa munuaistiehyeissä +0,5p

c) Määrittele umpierityselinten hormonierityksen säätelyn periaatteet. (2,5p)

- Hypotalamus erittää liberiinejä ja statiineja, jotka säätelävät aivolisäkkeen eritystoimintaa joko eksitoivasti (lisäten eritystä) tai inhiboivasti (vähentäen eritystä).
 - Hypotalamus: liberiinit ja statiinit (+0,25p)
 - Liberiinit lisäävät eritystä (+0,25p), statiinit vähentävät (+0,25p)
- Aivolisäke erittää hormoneja, joiden pitoisuuksilla säädellään umpierityselinten eritystä.
 - Aivolisäke erittää säätelävää hormonia saadun signaalin mukaan (+0,25p)
- Umpierityselin erittää hormonia saadun stimuluksen mukaan. (+0,25p)
- Umpierityselinten erittävän hormonin määrä aistitaan hypotalamuksessa ja aivolisäkkeessä, jolloin ne saavat palautetta eritetyn hormonin määrästä - reagoivat joko vähentämällä stimuloivan hormonin eritystä (negatiivinen takaisinkytkentä) tai lisäämällä sitä (positiivinen takaisinkytkentä).
 - Umpierityselimen erittämä hormoni/sen aiheuttama muutos aistitaan hypotalamuksessa (+0,25p) ja aivolisäkkeessä (+0,25p)
 - Negatiivinen takaisinkytkentä (+0,25p)
 - Johtaa säätelävien hormonien vähentyneeseen eritykseen (+0,25p)



- Positiivinen takaisinkytkentä (+0,25p)

d) Nimeä umpieritysrauhaset ja niiden erittämät hormonit (0,25p/oikea vastaus). (7,5p)

a) Hypotalamus: (+0,25p)

- liberiinit (+0,25p)
- statiinit (+0,25p)

b) Aivolisäke: (+0,25p), etulohko ja takalohko (+0,25p)

- Etulohko (adenohypofyysi):
 - somatotropiini/kasvuhormoni (+0,25p)
 - tyreotropiini, kortikotropiini (+0,25p)
 - lutropiini/luteinisoiva hormoni (+0,25p)
 - follitropiini/follikkeleita stimuloiva hormoni (+0,25p)
 - prolaktiini (+0,25p)
- Takalohko (neurohypofyysi):
 - Oksitosiini (+0,25p)
 - Vasopressiini/antidiureettinen hormoni (+0,25p)

c) Käpyrauhanen: (+0,25p)

- Melatoniini (+0,25p)

d) Kilpirauhanen: (+0,25p)

- Tyrosiini (+0,25p)
- Trijodityroniini (+0,25p)
- Kalsitoniini (+0,25p)

e) Lisäkilpirauhanen (+0,25p)

- Parathormoni (+0,25p)

f) Lisämunuainen (+0,25p)

- Glukokortikoidit (+0,25p)



- Mineralokortikoidit (+0,25p)
 - Adrenaliini (+0,25p)
 - Noradrenaliini (+0,25p)
 - Androgeenit (+0,25p)
- g) Munasarjat (+0,25p)
- Estrogeeni (+0,25p)
 - Progesteroni (+0,25p)
- h) Kivekset (+0,25p)
- Testosteroni (+0,25p)

Tehtävä 6

6p

- a) Sinulla on eristetyssä, suljetussa astiassa 85,0 grammaa $-2,00^{\circ}\text{C}$ jäätä ja 0,350 litraa $17,0^{\circ}\text{C}$ vettä. Laske, kuinka paljon jäätä ja vettä on jäljellä tasapainon asetettua ja mikä niiden lämpötila on. (2p)
- $m_{\text{(jää)}} = 0,085\text{kg}$, $m_{\text{(vesi)}} = 0,35\text{kg}$, $T_{\text{(jää)}} = -2^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{(vesi)}} = 17^{\circ}\text{C}$
 - Vesi luovuttaa lämpöä jälle – energiaa ei mene hukkaan!
 - Energia, jonka vesi voi luovuttaa jälle jäähtyessään
 - $= 17^{\circ}\text{C} * 4,2 \text{ kJ} / (\text{kg} * ^{\circ}\text{C}) * 0,35\text{kg} = 24,99 \text{ kJ}$
 - Energia, joka vaaditaan jään lämpenemiseen nolla-asteiseksi:
 - $2^{\circ}\text{C} * 2,1 \text{ kJ} / (\text{kg} * ^{\circ}\text{C}) * 0,085 \text{ kg} = 0,357 \text{ kJ}$
 - Energia, joka vaaditaan kaiken jään sulattamiseen:
 - $333 \text{ kJ/kg} * 0,085 \text{ kg} = 28,305 \text{ kJ}$
 - Ylläolevista laskuista huomataan, että veden lämpöenergia ei riitä KAIKEN jään sulattamiseen!
 - Yhtälön vasen puoli: Jää lämpenee ensin 2 astetta, ja sen jälkeen osa siitä sulaa
 - Yhtälön oikea puoli: Vesi jäähtyy lämpötilaan $0,00^{\circ}\text{C}$
 - $X \text{ kg} * 333\text{kJ} / \text{kg} + 2^{\circ}\text{C} * 0,085 \text{ kg} * 2,1\text{kJ} / (\text{kg} * ^{\circ}\text{C}) = 17^{\circ}\text{C} * 0,35\text{kg} * 4,2\text{kJ} / (\text{kg} * ^{\circ}\text{C})$
 - $X = (17 * 0,35 * 4,2 - 2 * 0,085 * 2,1) / 333 = 0,07397297 \text{ (kg)} = \text{sulaneen jään massa}$
 - Vastaus: 11,0 grammaa jäätä, 424 grammaa (tai 0,424 litraa vettä), molempien lämpötila $0,00^{\circ}\text{C}$. (2p)
 - Alla tarvittavat tiedot laskun suorittamiseen!

Kaavaliitteestä: (veden tiheys myös kaavaliitteestä, $1 \text{ kg} / \text{dm}^3$ ($1000 \text{ kg} / \text{m}^3$))

Vesi H_2O	Ominaislämpökapasiteetti: $2,1 \text{ kJ}/(\text{kg} \times \text{K})$ (jää) Ominaislämpökapasiteetti: $4,2 \text{ kJ}/(\text{kg} \times \text{K})$ (vesi) Sulamislämpö: $333 \text{ kJ}/\text{kg}$
---------------------------	---

b) Sekoitat laboratoriossa $0,750$ moolia tuntematonta ainetta $0,200$ litraan $24,0^\circ\text{C}$ vettä. Aineen liukenemisreaktio on luonteeltaan eksoterminen ja entalpiamuutoksen itseisarvo moolia kohden on $84,6 \text{ kJ}$. Mikä on aineen konsentraatio vesiliuoksessa, kun tilavuus ei muutu liukenemisen seurauksena? Mikä on veden lämpötila koko ainemäärän liuettua? (2p)

- Konsentraatio on $0,75 \text{ mol} / 0,2 \text{ l} = 3,75 \text{ mol} / \text{litra}$ tai $3,75 \text{ M}$ (1p)
- Liukenemisessä vapautuu $0,75 \text{ mol} * 84,6 \text{ kJ} / \text{mol} = 63,45 \text{ kJ}$
- Veden lämpötila nousee (eksoterminen reaktio tuottaa lämpöä!)
- $63,45 \text{ kJ} = 0,2 \text{ kg} * 4,2 \text{ kJ} / (\text{kg} * ^\circ\text{C}) * X ^\circ\text{C}$
- $X ^\circ\text{C} = 63,45 \text{ kJ} / (0,2 \text{ kg} * 4,2 \text{ kJ} / (\text{kg} * ^\circ\text{C})) = 75,5357 ^\circ\text{C}$ (= lämpötilan muutos!)
- Veden lopullinen lämpötila on $99,5 ^\circ\text{C}$ (1p)

c) Osoita laskemalla, kumpaan seuraavista kuluu enemmän energiaa: (2p)

i) 550 g 0°C jään sulattaminen vedeksi

ii) $0,55 \text{ l}$ veden lämmittäminen $5^\circ\text{C} \rightarrow 85^\circ\text{C}$

- $0,55 \text{ kg} * 333 \text{ kJ} / \text{kg} = 183,15 \text{ kJ}$ (0,5p)
- $0,55 \text{ kg} * 80 ^\circ\text{C} * 4,2 \text{ kJ} / (\text{kg} * ^\circ\text{C}) = \mathbf{184,8 \text{ kJ}}$ (0,5p)
- Veden lämmittämiseen (1p)

Tehtävä 7

5p

a) Laske kuinka suuri teho auton moottorin on tuotettava kyseisessä tilanteessa. (3p)

$$m = 1490 \text{ kg}$$

$$v = 65 \text{ km/h} = 18,055 \dots \text{ m/s}$$

$$a = 1,8 \text{ m/s}^2$$

$$F_v = 1800 \text{ N}$$

$$\alpha = 7^\circ$$

$$\text{NII: } \vec{F} + \vec{F}_v + \vec{G} + \vec{N} = m\vec{a}$$

$$x: F - F_v - G_x = ma$$

$$F - F_v - mgsin\alpha = ma$$

$$F = ma + mgsin\alpha + F_v$$

$$P = Fv = (ma + mgsin\alpha + F_v)v$$

$$= (1490 \text{ kg} * 1,8 \text{ m/s}^2 + 1490 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 * \sin 7^\circ + 1800 \text{ N}) * 18,055 \dots \text{ m/s}$$

$$= 113\,084,82 \dots \text{ W} \approx 110 \text{ kW}$$

Pisteytys:

- Kuva 0.5p
- Yhtälöt 1p
- Laskutoimitus 1p + oikea vastaus 0.5p

b) Laske moottorin hyötysuhde. Ilmoita vain vastaus. (2p)

$$P_{otto} = 180 \text{ hv}$$

$$P_{anto} = 113\,084,82 \dots \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{anto}}{P_{otto}} = \frac{113\,084,82 \dots \text{ W}}{180 * 735,5 \text{ W}} = 0,8541 \dots \approx 85 \%$$



Pisteitys:

- Oikea vastaus 2p

Tehtävä 8

4p

a) Laske ensio- ja toisiokäämien kierroslukumäärien suhde. (1p)

- Kierroslukumäärien suhde lasketaan kaavalla $\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$. Merkitään ensiokäämiä numerolla 1 ja toisiokäämiä numerolla 2.
- Kierroslukumäärien suhde on siis $\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{230\text{ V}}{12\text{ V}} = 19,167:1 \approx 19:1$ (1p)

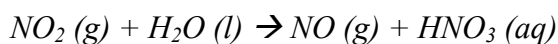
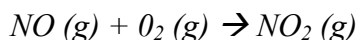
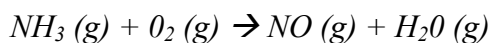
b) Kun lampun tehonkulutus on 15 W, sen läpi kulkevan sähkövirran suuruus on 1,28 A. Laske säätövastuksen resistanssi. (3p)

- Lampun resistanssi voidaan laskea Joulen lain avulla: $P_l = U_l I = R_l I^2$. Saadaan $R_l = \frac{P_l}{I^2} = \frac{15\text{ W}}{(1,28\text{ A})^2} = 9,1553\ \Omega$. (1p)
- Kirchhoffin toisen lain mukaan potentiaalimuutosten summa on suljetussa virtapiirissä nolla: $U_2 - R_v I - R_l I = 0$. (1p)
- Tästä saadaan vastuksen resistantiksi $R_v = \frac{U_2 - R_l I}{I} = \frac{12\text{ V} - 9,1553\ \Omega \cdot 1,28\text{ A}}{1,28\text{ A}} = 0,2197\ \Omega \approx 0,22\ \Omega$ (1p)
- Säätövastuksen resistanssi on siis 0,22 Ω .

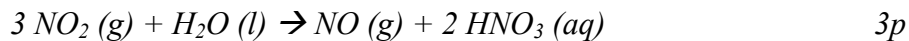
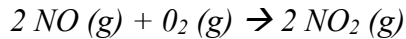
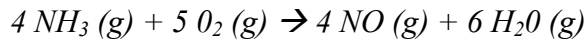
Tehtävä 9

8p

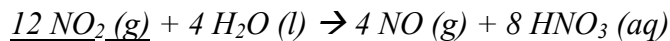
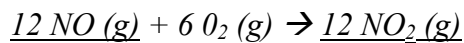
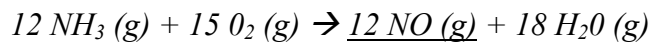
Laske alla esitettyjä reaktioyhtälöitä hyödyntäen kuinka monta grammaa typpihappoa voidaan tuottaa laboratorio-olosuhteissa, kun käytössä on 47,8ml ammoniakkia (NTP). Happea voidaan olettaa olevan ylimäärin.



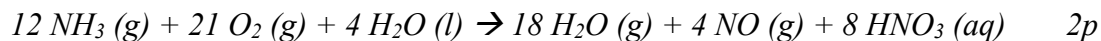
- Kyseessä on reaktiosarja. Ensin tulee tasapainottaa osareaktiot, jonka jälkeen voidaan muodostaa kokonaisreaktio typpihapon muodostumiselle ammoniakista. Kokonaisreaktion kertoimia hyödyntäen voidaan laskea kuinka paljon typpihappoa muodostuu.
- Tasapainotetaan osareaktiot:



- Kerrotaan osareaktiot siten, että saadaan molemmin puolin esiintyville välituotteille samat kertoimet puolittain:



- Supistetaan molemmin puolin esiintyvät (alleviivatut) välituotteet ja muodostetaan kokonaisreaktio:



- Tehtävänannosta ja kaavakokoelmasta saadaan seuraavat arvot:
- $V(\text{NH}_3) = 47,8 \text{ml} = 0,0478 \text{l}$
- $V_m = 22,41 \text{ mol/l}$
- $M(\text{HNO}_3) = 63,0109 \text{g/mol}$
- Lasketaan kaasumaisen ammoniakkin ainemäärä:
- $n = \frac{V}{V_m} = \frac{0,04781 \text{ l}}{22,41 \text{ mol/l}} = 0,0021330 \dots \text{ mol} \quad (1\text{p})$
- Lasketaan muodostuvan typpihapon ainemäärä vertaamalla aiemmin muodostetun kokonaisreaktion kertoimia kyseisten reagenssien kohdalta:
- $n(\text{HNO}_3) = \frac{8}{12} n(\text{NH}_3) = \frac{8}{12} \times 0,0021330 \dots \text{ mol} = 0,001422 \dots \text{ mol} \quad (1\text{p})$



- Lasketaan ainemäärän avulla muodostuvan typpihapon massa:
- $m(\text{HNO}_3) = n(\text{HNO}_3) \times M(\text{HNO}_3) = 0,001422 \dots \text{mol} \times 63,0109 \text{g/mol} = 0,089601 \dots \text{g}$ (1p)
- Vastaus: $m(\text{HNO}_3) = \mathbf{89,6 \text{mg}}$

Pisteytys (yhteensä 8p)

- Oikein tasapainotetut osareaktio olomuotoineen (3p)
- Oikea kokonaisreaktio olomuotoineen (2p)
- Ammoniakin ainemäärä oikein (1p)
- Typpihapon ainemäärä oikein (1p)
- Oikea vastaus (1p)

Tehtävä 10

10p

a) Mikä ilmiö on todennäköisimmin kyseessä? Selosta ilmiön pääpiirteet. Minkä takia sen havaitseminen on ollut merkittävässä roolissa klassisen fysiikan säteilymallien kehityksessä. (2p)

- Röntgenkvantin maksimienergia saadaan ratkaistua suoraan röntgenputken kiihdytysjännitteen lausekkeen avulla. Tällöin kaikki kiihdytetyn elektronin liike-energia muuttuu jarruuntuessa säteilyenergiaksi $\Delta E = W = QU = qU = 100 \text{ keV}$ (0,5p)
- Tällöin tarkastelemalla johdantotekstissä olevasta kuvaajasta nähdään, että väliaineessa, joka koostuu hiiliatomeista ($Z=6$), **comptonin ilmiö/sironta** on todennäköisin vaihtoehto (0,5p)
- Comptonin sironnan pääperiaatteet
 - Osa alkuperäisen säteilyn (fotonin) energiasta siirtyy törmäyksessä elektronin liike-energiaksi (0,25p)
 - Loput jäävät sironneen säteilyn (fotonin) energiaksi, mikä näkyy säteilyn aallonpituuden suurenemisena/energian pienenemisena/taajuuden pienenemisena (0,25p)
- Comptonin ilmiö on eräs osoitus sähkömagneettisen säteilyn hiukkasluonteesta, joka kehitti taas klassisen fysiikan säteilymallia aaltohiukkasdualistiseen suuntaan (0,5p)

b) Laske röntgensäteilyn ja elektronin vuorovaikutuksen tuloksena syntyneiden säteilyjen energioiden suuruudet. (6p)

- Lasketaan (tai maininta a-kohdasta) jarrutus säteilyn aikaansaama maksimienergia $\Delta E = W = QU = qU = 100 \text{ keV}$ (0,5p)
- Comptonin sironnassa maininta kokonaisenergian sekä –liikemäärän säilymisestä (0,5p)
- Niistä muodostettu yhtälöt ja yhtälöpari (1p)



$$E_A = E_L \qquad p_A = p_L$$

$$E_1 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{hc}{\lambda_2} \qquad \frac{h}{\lambda_1} = mv - \frac{h}{\lambda_2}$$

- Yhtälöissä E1 on röntgensäteilyn energia alkutilanteessa, ja E2 on röntgensäteilyn energia lopputilanteessa. Liikemäärän lausekkeessa kvantin loppuliikemäärän merkki on miinus, koska sen suunta on takaisin säteilylähdetä kohti. Ratkaistaan yhtälöpari. (1p) Vaihtelevia menetelmiä, joista tässä käytetty liikemäärän yhtälön kertomista valonnopeudella c ja sen jälkeen puolittaista yhteenlaskua, jolloin voidaan ratkaista elektronin etenemisnopeus törmäyksen jälkeen:

$$E_1 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{hc}{\lambda_2} \qquad \frac{hc}{\lambda_1} = mvc - \frac{hc}{\lambda_2}$$

$$E_1 = \frac{1}{2}mv^2 + E_2 \qquad E_1 = mvc - E_2$$

$$2E_1 = \frac{1}{2}mv^2 + mvc$$

$$\frac{1}{2}mv^2 + mvc - 2E_1 = 0$$

- Toisen asteen yhtälöllä saadaan ratkaistua (yksikkötarkastelu otettu pois sekoittamasta)

$$v = \frac{-m_e c \pm \sqrt{(m_e c)^2 - 4 \times \frac{1}{2} m \times (-2E_1)}}{2 \times \frac{1}{2} m}$$

$$= \frac{-9 * 10^{-31} \times 3 * 10^8 \pm \sqrt{(9 * 10^{-31} \times 3 * 10^8)^2 - 4 \times \frac{1}{2} \times 9 * 10^{-31} \times (-2 \times 100 * 10^3 \times 1,6 * 10^{-19})}}{2 \times \frac{1}{2} \times 9 * 10^{-31}}$$

$$= \frac{-2,7 * 10^{-22} \pm \sqrt{(2,7 * 10^{-22})^2 + 5,76 * 10^{-44}}}{9 * 10^{-31}}$$

$$= \frac{-2,7 * 10^{-22} \pm 3,612478374 * 10^{-22}}{9 * 10^{-31}}$$

- Nopeudelle kaksi arvoa, joista negatiivinen hylätään fysikaalisilla perusteilla (elektroni ei voi saada nopeutta samaan suuntaan kuin sironnut foton) (1p)

$$v_1 = 101386486 \frac{m}{s} \quad (v_2 = -701386486 \frac{m}{s})$$

- Nopeuden avulla saadaan elektronin liike- eli säteilyenergia (1p)

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 9 \times 10^{-31} kg \times \left(1,01386486 \times 10^8 \frac{m}{s}\right)^2 = 4,62565 \times 10^{-15} J \\ = 28,910 keV \approx 29 keV$$

- Energian säilymisen avulla saadaan myös sironneen säteilykvantin (fotonin) energia (1p)

$$E_2 = E_1 - E_k = 100,0 keV - 28,910 keV = 71,09 keV \approx 71 keV$$

- c) Onko kyseisen säteilyn röntgenkvantin mahdollista muuttua elektroniksi ja positroniksi hiiliytimen välittömässä läheisyydessä? Perustele. (2p)

- Jotta parinmuodostus voisi tapahtua, tulee röntgenkvantin energian olla riittävän suuri muodostaakseen kaksi massallista hiukkasta suhteellisuusteorian mukaisesti (1p)

$$E = 2m_e c^2 = 2 \times 9 \times 10^{-31} kg \times \left(3,0 \times 10^8 \frac{m}{s}\right)^2 = 1,62 \times 10^{-13} J = 1,0125 MeV$$

- Röntgenkvantin suuruuden ollessa tätä energiaa pienempi ei parinmuodostus ole mahdollinen ilmiö tässä tilanteessa (1p)
- (Jos perusteltu vain kuvaajan avulla, maksimissaan yksi piste, sillä kuvaaja kertoo ainoastaan ilmiöiden todennäköisyyden)

Tehtävä 11

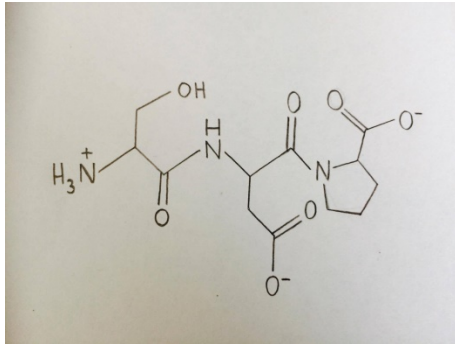
8p

- a) Asparagiinihappoa sisältävän peptidin aminohapposekvenssi on seuraava: N - Ser - Asp - Pro - C. Kaavakokoelman avulla piirretään peptidin rakennekaava. Aminohappojen pK_a-arvojen avulla merkitään molekyyliin oikea määrä vetyioneja sekä oikeat varaukset. Pisteytys:

- Aminohapot oikeassa järjestyksessä (1p)
- Tikkukaavat piirretty oikein (1p)
- Merkitty oikea määrä vetyioneja sekä oikeat varaukset (1p)



- Kokonaispistemäärä a-kohdasta 3p



b) Mitä funktionaalisia ryhmiä asparagiinihappoa sisältävässä peptidissä on? Kerro myös eri ryhmien lukumäärä. Ryhmien mahdollisia varauksia ei tarvitse huomioida tässä alakohdassa. (2p)

- Primaarinen aminoryhmä 1 kpl (0,5p)
- Primaarinen hydroksyyliiryhmä 1 kpl (0,5p)
- Amidoryhmä 2 kpl (0,5p)
- Karboksyyliiryhmä 2 kpl (0,5p)

c) Kuinka monta massaprosenttiyksikköä enemmän hiiltä a-kohdan peptidi sisältää kuin vetyä? Anna vastaus kolmen merkitsevän numeron tarkkuudella. (3p)

- Peptidin molekyylikaava on: C₁₂H₁₈N₃O₇ (M = 316,2732 g/mol). Lasketaan hiilen ja vedyn massaprosentit. Käytetään esimerkiksi tilannetta, jossa peptidiä on tasan 1 mol.

$$\circ m\%(C) = \frac{m(C)}{m(\text{peptidi})} \cdot 100\% = \frac{12 \text{ mol} \cdot 12,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{1 \text{ mol} \cdot 316,2732 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 100\% = 45,56819 \dots \% \text{ (1p)}$$

$$\circ m\%(H) = \frac{m(H)}{m(\text{peptidi})} \cdot 100\% = \frac{18 \text{ mol} \cdot 1,0079 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{1 \text{ mol} \cdot 316,2732 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 100\% = 5,73624 \dots \% \text{ (1p)}$$

- Lasketaan massaprosenttien erotus: $m\%(C) - m\%(H) = 45,5682\% - 5,7362\% = 39,832\% \approx 39,8\%$
- **Peptidi sisältää 39,8 massaprosenttiyksikköä enemmän hiiltä kuin vetyä.** (1p)

Tehtävä 12

5p

a) Magneettikentän vuon tiheyttä aletaan laskea tasaisesti kohti nollaa siten, että LEDin jännitehäviö on sen kynnysjännitteen suuruinen. Tällöin LEDin läpi kulkeva sähkövirta on 0,43 A. Laske kuinka kauan LEDissä palaa valo. (4p)

- Ledin palaminen eli pirissä kulkeva virta perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Täytyy siis selvittää, kuinka kauan kestää, että käämin läpäisevän magneettivuon tiheys laskee nolnaan.
- Faradayn laista saadaan induktiojännite:

$$e = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

- Magneettivuon muutos saadaan käämin pinta-alan ja magneettivuon tiheyden avulla:

$$e = -N \frac{\Delta BA}{\Delta t} = -\frac{N\Delta B\pi r^2}{\Delta t}$$

- Tästä voidaan ratkaista kysytty aika:

$$\Delta t = -\frac{N\Delta B\pi r^2}{e} \quad (1p)$$

- Piiriin indusoituvan jännitteen suuruus on yhtä suuri kuin piirin jännitehäviöt (Kirchhoff II) eli

$$e = U_{LED} + U_v + U_k$$

- Tunnetaan piirissä oleva sähkövirta, joten vastusten jännitehäviöt saadaan Ohmin lain avulla:

$$e = U_{LED} + IR_v + IR_k \quad (1p)$$

- Tämä sijoitetaan ajan lausekkeeseen, jolloin saadaan:

$$\Delta t = -\frac{N\Delta B\pi r^2}{U_{LED} + IR_v + IR_k} \quad (1p)$$

- Lukuarvot:

$$\Delta t = -\frac{210 \cdot (-4,0 T) \cdot 3,14 \cdot (0,28 m)^2}{3,5 V + 0,43 A \cdot (10 \Omega + 1,0 \Omega)} = 25,126 \dots s \approx 25 s \quad (1p)$$

b) Samanlainen testi suoritetaan uudelleen, mutta tällä kertaa magneettikentän suunta alussa on päinvastainen. Syttyykö LEDiin valo? Perustele lyhyesti. (1p).

- Diodiin ei syty valoa, koska indusoituvan jännitteen suunta on päinvastainen. Tällöin diodi on kytketty estosuuntaan, joten kynnysjännite ei riitä synnyttämään virtaa LEDin läpi. (1p)

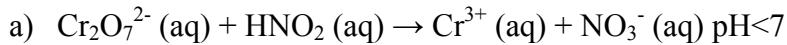


- Pisteet saa tietenkin myös, jos on selitetty aineen rakeenteen tasolla, miksi virta kulkee diodissa helpommin toiseen suuntaan.

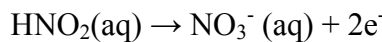
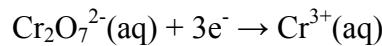
Tehtävä 13

11p

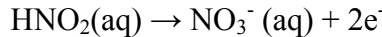
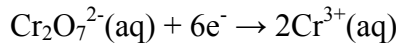
Tasapainoita reaktioyhtälöt.



- Jaetaan reaktio puolireaktioihin
 - Kromi pelkistyy +VI \rightarrow III
 - Typpi hapettuu +III \rightarrow V



- Molemmat reaktiot oikein **1p**
- Tasapainotetaan muut atomit kuin O ja H
 - Yksi kromi siis luovuttaa 3 elektronia, mutta kaksi kromia luovuttaa 6 elektronia, yhteensä



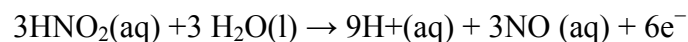
- Lisätään H_2O :ta hapen tasapainottamista varten

$$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7\text{H}_2\text{O}(\text{l})$$

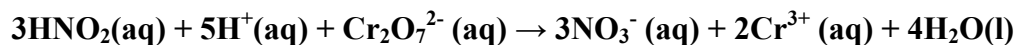
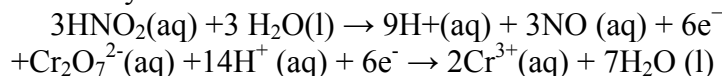
$$\text{HNO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{NO}_3^-(\text{aq}) + 2\text{e}^-$$
- Tasapainotetaan vedyt lisäämällä H^+ ioneja

$$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14\text{H}^+(\text{aq}) + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7\text{H}_2\text{O}(\text{l})$$

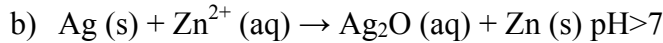
$$\text{HNO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{NO}_3^-(\text{aq}) + 3\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^-$$
- Tasapainotetaan reaktiot siten, että molemmissa on yhtä monta elektronia
 - Kerrotaan pelkistynvä puolireaktio kolmella, jolloin molemmissa puolireaktioissa on 6 elektronia



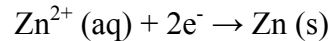
- Summataan puolireaktiot yhteen



- **Oikea tasapainotus 2p**



- Jaetaan reaktio puolireaktioihin
 - Hopea hapettuu **0** → **+I**
 - Sinkki pelkistyy **+II** → **0**

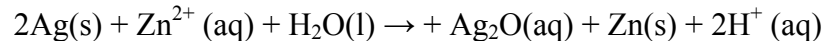
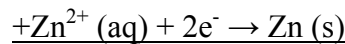


- Molemmat reaktiot oikein **1p**
- Tasapainotetaan muut atomit kuin O ja H
 - Sinkkiä ei tarvitse tasapainottaa ollenkaan
$$2\text{Ag(s)} \rightarrow + \text{Ag}_2\text{O(aq)} + 2\text{e}^-$$

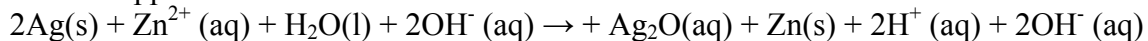
- Lisätään H₂O:ta hapen tasapainottamista varten
- $$2\text{Ag(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow + \text{Ag}_2\text{O(aq)} + 2\text{e}^-$$

- Tasapainotetaan vedyt lisäämällä H⁺ ioneja
- $$2\text{Ag(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow + \text{Ag}_2\text{O(aq)} + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \text{ (aq)}$$

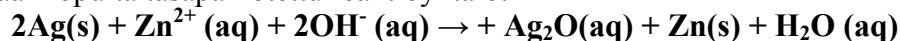
- Summataan puolireaktiot
- $$2\text{Ag(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow + \text{Ag}_2\text{O(aq)} + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \text{ (aq)}$$



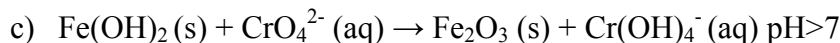
- Koska pH>7 → lisätään OH⁻ ioneja molemmille puolille tasapainottamaan H⁺ ionit
 - H⁺ ioneja on kaksi kappaletta, joten OH⁻ ioneja täytyy lisätä molemmille puolille kaksi kappaletta



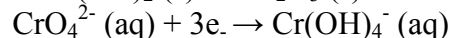
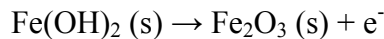
- Tuotteiden puolella OH⁻ ja H⁺ liittyvät yhteen muodostaen vettä
 - Saadaan lopulta tasapainotettu reaktioyhtälö:



- **Oikea tasapainotus 2p**

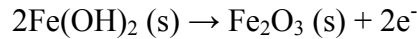


- Jaetaan reaktio puolireaktioihin
 - Rauta hapettuu **+II** → **+III**
 - Kromi pelkistyy **+VI** → **+III**

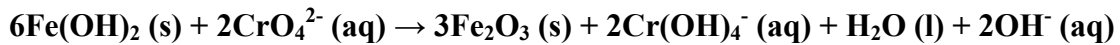


- Molemmat reaktiot oikein **1p**
- Tasapainotetaan muut atomit kuin H tai O





- Tasapainotetaan reaktiossa olevat vedyt ja hapet nyt
 - Koska reaktion $\text{pH} > 7$, voidaan lisätä hapettuvan puolireaktion lähtöaineiden puolelle OH^- ioneja ja tuotteisiin H_2O :ta, ja pelkistyvään puolireaktioon taas lähtöaineiden puolelle H_2O :ta ja OH^- ioneja tuotteiden puolelle
- Kerrotaan molemmat puolireaktiot sellaisilla luvuilla, että molempiin puolireaktioihin saadaan yhtä monta elektronia: eli hapettumisreaktio kerrotaan kolmella ja pelkistymisreaktio kahdella.
- Tämän jälkeen summataan puolireaktiot yhteen ja saadaan kokonaisreaktioyhtälöksi:



- **Oikea tasapainotus 2p**

- d) Muuttuiko liuosten pH johonkin suuntaan loppureaktioiden perusteella? Perustelee jokainen kohta erikseen.
- a) Kyllä, reaktioyhtälön perusteella H^+ ioneja kului, joten pH nousi.
 - b) Kyllä, reaktioyhtälön perusteella OH^- ioneja kului, joten pH laski.
 - c) Kyllä, reaktioyhtälön perusteella OH^- ioneja muodostui, joten pH nousi.
 - 0,5p per kohta, jos kaikki oikein +0,5p eli yhteensä 2p

Tehtävä 14

10p

- 1) Ensimmäinen työvaihe on DNA:n eristäminen verinäytteestä ja puhdistaminen. (1p)
 - Solukalvon hajottaminen fosfolipidien rakenteen rikkovalla detergentillä (0,5p)
 - Proteiinirakenteiden (kromosomien proteiinit) hajottaminen entsyymaattisesti (0,5p)
 - Proteiinien ja rasvojen uuttaminen liuottimeen (0,25p)
 - Liuottimen ja veden erottelu sentrifugilla, jolloin DNA jää vesikerrokseen ja rasvat ja proteiinit liuotinkerrokseen, joka poistetaan (0,25p)
 - DNA:n saostus (isopropanoli, etanoli) ja liuotus veteen (0,25p)
- 2) PCR: haluttu DNA-pätkä (laktaasigeeni) monistetaan polymeerasiketjureaktiotekniikalla (1p)
 - Vaatii sen, että halutun pätkän emäsjärjestys tiedetään ainakin pätkän alusta ja lopusta. Tällöin voidaan valmistaa aluke. (0,25p)
 - Tarvitaan nukleotideja, alukkeita ja DNA-polymeraasientsyymiä (0,5p)
 - Menetelmässä eri vaiheet vuorottelevat: 1) DNA-juosteet eroavat, kun lämpötila nousee (+95°C) (0,5p) 2) Lämpötilaa lasketaan, jolloin alukkeet ja juosteet pariutuvat (+55°C) (0,5p) 3) Lämpötila nousee (+72°C) ja DNA-polymeraasientsyymi syntetisoi uudet juosteet (0,5p)



-Vaiheet toistuvat, lopulta saadaan miljoonia kopioita monistettavasta DNA-alueesta (0,5p)

3) Elektroforeesi

-PCR-menetelmällä monistetut DNA-palaset erotellaan toisistaan elektroforeesilla (1p)

-Värjätyt näytteet (verinäytteestä erotettu DNA ja eri genotyypin alleelit sisältävät kontrollinäytteet) pipetoidaan elektroforeesigeeliin, johon kytketään elektrodit ja näin aikaansaadaan sähkökenttä (0,5p)

-DNA-molekyylit ovat negatiivisesti varautuneita, joten ne liikkuvat kohti positiivista varausta (0,5p)

-Geeli vastustaa enemmän isojen DNA-pätkien liikettä, joten palat saadaan eroteltua koon mukaan (0,5p)

-Näytteiden muodostamia raitoja vertaillaan kontrollinäytteisiin ja näin voidaan tulkita, mikä laktaasigeenin alleelityyppi löytyy käsiteltävästä näytteestä (1p)