

FI – Kemia

21.9.2023

Koe koostuu 11 tehtävästä, joista vastataan seitsemään. Tehtävät on ryhmitelty kolmeen osaan. Osassa 1 on yksi kaikille pakollinen 20 pisteen tehtävä. Osassa 2 on seitsemän 15 pisteen tehtävää, joista vastataan neljään. Osassa 3 on kolme 20 pisteen tehtävää, joista vastataan kahteen. Kokeen maksimipistemäärä on 120. Halutessasi voit tuottaa vastausten tueksi piirroksia, kaavioita tai taulukoita ja liittää niistä kuvakaappauksen mihin tahansa tekstivastaukseen.

Älä jätä mitään merkintöjä sellaisen tehtävän vastaukselle varattuun tilaan, jota et halua jättää arvosteltavaksi.

Sisällys

Vastaa enintään 7 tehtävään.

Osa 1: 20 pisteen tehtävä

Vastaa tehtävään 1.

- | | | | |
|----|---|--|-------|
| 1. | Monivalintatehtäviä kemian eri osa-alueilta | | 20 p. |
|----|---|--|-------|

Osa 2: 15 pisteen tehtävät

Vastaa neljään tehtävään.

- | | | | |
|----|--|----------|-------|
| 2. | Termiittireaktio | | 15 p. |
| 3. | Tuntemattomat aineet | Aineisto | 15 p. |
| 4. | Lääkeaineen synteesi | Aineisto | 15 p. |
| 5. | Elektrolyysi | | 15 p. |
| 6. | Liukeneminen | Aineisto | 15 p. |
| 7. | Hypokloorihapokkeen titraus | | 15 p. |
| 8. | Veden fluoridi-ionipitoisuuden määrittäminen | Aineisto | 15 p. |

Osa 3: 20 pisteen tehtävät

Vastaa kahteen tehtävään.

- | | | | |
|-----|------------------------------------|----------|-------|
| 9. | Amiinin synteesi | Aineisto | 20 p. |
| 10. | Pyykkikoneessa tapahtuvat reaktiot | Aineisto | 20 p. |
| 11. | Fosfori ja Itämeri | Aineisto | 20 p. |

Koe yhteensä	120 p.
--------------	--------

Osa 1: 20 pisteen tehtävä

 Vastaa tehtävään 1.

1. Monivalintatehtäviä kemian eri osa-alueilta 20 p.

Valitse jokaisessa osatehtävässä 1.1–1.10 parhaiten sopiva vaihtoehto. Oikea vastaus 2 p., väärä vastaus 0 p., ei vastausta 0 p.

1.1 Mikä seuraavista on puhdas aine? 2 p.

- ☐ sakkaroosi
- ☐ vesijohtovesi
- ☐ ilma
- ☐ pronssi

1.2 Mikä seuraavista vaikuttaa eniten puhtaan aineen haihtuvuuteen? 2 p.

- ☐ molekyylin sidosten sidoskulmat
- ☐ molekyylien välisten sidosten voimakkuus
- ☐ molekyylin sisäisten sidosten sidospituudet
- ☐ molekyylin sisäisten sidosten voimakkuus

1.3 Mikä seuraavista uuttoon liittyvistä väitteistä on virheellinen? 2 p.

- ☐ Neste-nesteuutossa astiaan muodostuu kaksi faasia.
- ☐ Uutossa hyödynnetään aineiden erilaista liukoisuutta.
- ☐ Uutossa käytetään liikkuvaa faasia.
- ☐ Uuttoon käytetään usein erotussuppiloa.

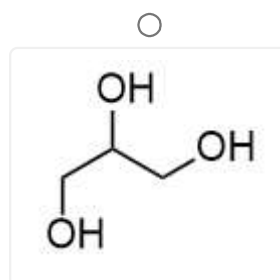
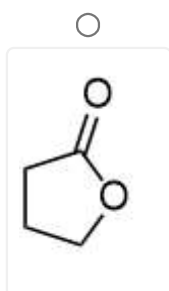
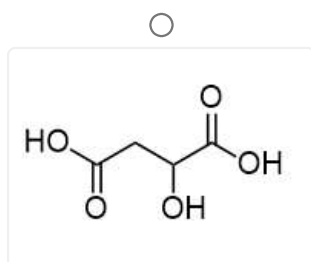
1.4 Mihin perustuu UV-VIS-spektroskopia eli näkyvään valoon ja ultraviolettialueen säteilyyn pohjautuva spektroskopia? 2 p.

- ☐ elektronien energiatilojen välisiin virityksiin
- ☐ atomiydinten energiatilojen välisiin virityksiin
- ☐ molekyylin sisäisten sidosten värähtelystä aiheutuviin virityksiin
- ☐ molekyylien välisten sidosten värähtelystä aiheutuviin virityksiin

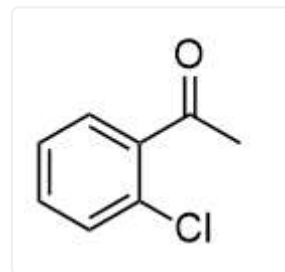
1.5 Seuraavilla atomeilla tai ioneilla on sama määrä elektroneja. Millä atomilla tai ionilla on pienin säde? 2 p.

- ☐ Cl^-
- ☐ Ar
- ☐ S^{2-}
- ☐ K^+

1.6 Millä seuraavista yhdisteistä esiintyy enantiomeriaa (peilikuvaisomeriaa eli optista aktiivisuutta)? 2 p.



☐



1.7 Mikä seuraavista muoveihin liittyvistä väitteistä on virheellinen? 2 p.

- ☐ Polykondensaatioreaktiossa monomeeriyksiköt reagoivat keskenään ja samalla lohkeaa pieni molekyyli.
- ☐ Kertamuoveilla on tarkka sulamispiste.
- ☐ Polymeroitumisreaktiossa monomeeriyksiköt sitoutuvat toisiinsa kovalenttisilla sidoksilla.
- ☐ Kertamuovien rakenne on jäykkä kolmiulotteinen verkko.

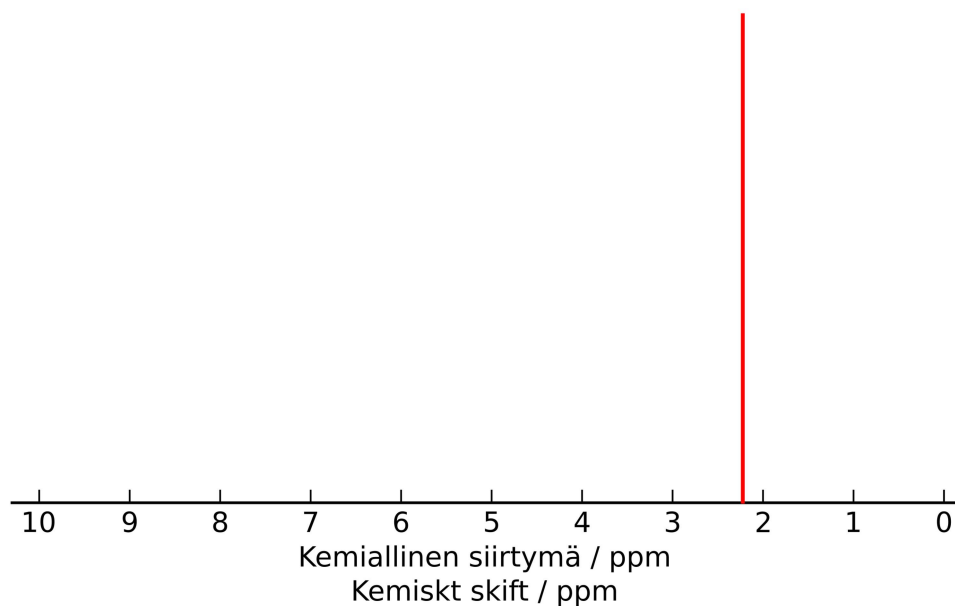
1.8 Millä seuraavista yhdisteistä on korkein kiehumispiste? 2 p.

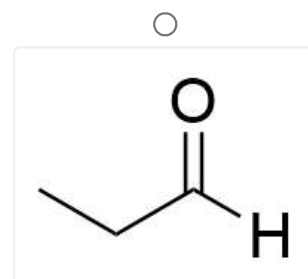
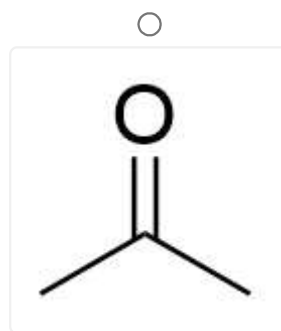
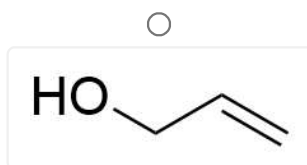
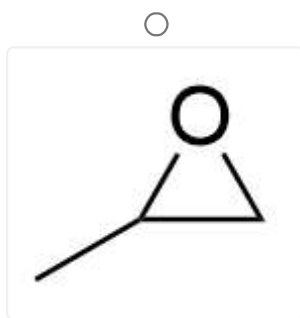
- ☐ propaani
- ☐ propeeni
- ☐ propan-1-oli
- ☐ propan-2-oni

1.9 Millä seuraavista yhdisteistä on suurin liukoisuus veteen huoneenlämpötilassa? 2 p.

- ☐ O₂(g)
- ☐ NH₃(g)
- ☐ CO(g)
- ☐ N₂(g)

1.10 Värittömän, nestemäisen yhdisteen molekyylikaavaksi määritettiin C₃H₆O. Siitä mitattiin ¹H-NMR-spektri, joka on esitetty alla. Mikä yhdiste on kyseessä? 2 p.



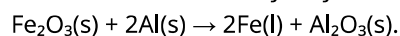


Osa 2: 15 pisteen tehtävät

i Vastaa neljään tehtävään.

2. Termiittireaktio 15 p.

Alumiinin ja eräiden metallioksidien välisiä reaktioita kutsutaan termiittireaktioksi. Rauta(III)oksidin ja alumiinin välistä termiittireaktiota on käytetty esimerkiksi rautatiekiskojen yhteenliittämiseen:



2.1 Eräissä laboratoriokokeissa tutkittiin tätä termiittireaktiota käyttäen lähtöaineina 3,85 g alumiinia ja 10,2 g rauta(III)oksidia. Kuinka monta grammaa rautaa muodostui? **9 p.**

2.2 Onko reaktio hapettumis-pelkistymisreaktio? Perustele vastauksesi. **3 p.**

2.3 Onko reaktio endoterminen vai eksoterminen? Perustele vastauksesi. **3 p.**

3. Tuntemattomat aineet 15 p.

Aineisto

3.A Kuva: Yhdisteen P massaspektri

Tunnista ja nimeä osatehtävissä 3.1–3.2 kuvaillut aineet.

3.1 Yhdiste X on valkea jauhe, joka reagoi vetykloridihapon kanssa. Reaktiossa vapautuu kaasua.

Atomiabsorptiospektroskopian avulla voitiin osoittaa, että X sisälsi kalsiumioneja, mutta ei muita metalleja.

Yhdisteen X moolimassaksi määritettiin noin 100 g/mol, mutta moolimassaa ei pystytty määrittämään tarkasti.

Termogravimetrinen analyysi osoitti, että kun yhdistettä X kuumennettiin, siitä poistui kaasua. Tämä kaasu tunnistettiin hiilidioksidiksi. Kuumennuksen jälkeen jäljelle jäi hieman tummemman väristä jauhetta Y. Kuumennuksen reaktio voidaan siis kirjoittaa seuraavasti: $X \rightarrow Y + CO_2(g)$.

Jauhe Y liukeni huonosti veteen, mutta muodosti selkeästi emäksisen vesiliuoksen.

Nimeä yhdisteet X ja Y. Kirjoita reaktioyhtälö yhdisteen Y reaktiolle veden kanssa.

7 p.

3.2 Yhdiste P on väritön neste. Alkuaineanalyysin perusteella yhdiste P koostuu vedystä, hiilestä ja hapesta.

Yhdisteestä P mitattiin massaspektri, joka on aineistossa 3.A.

Yhdisteen P vesiliuosta kuumennettiin reaktorissa. Kromatografian avulla selvitettiin, että vesiliuokseen muodostui tasapainoreaktiossa kahta muuta yhdistettä Q ja R. Vesiliuos muuttui reaktion aikana lievästi happamaksi. Lisäkokeiden perusteella pääteltiin, että Q on alkoholi.

Nimeä yhdisteet P, Q ja R tai esitä niiden rakennekaavat. Mihin yhdisteluokkiin yhdisteet P ja R kuuluvat?

8 p.

4. Lääkeaineen synteesi 15 p.

Aineisto

4.A Tiedosto: Yhdiste R1 MarvinSketch-tiedostona

4.B Kuva: Haloperidolin synteesikaavio

Haloperidoli on lääkeaine, jota käytetään skitsofrenian ja kaksisuuntaisen mielialahäiriön hoidossa. Synteesin eräs välituote R1 on esitetty aineistossa 4.A ja koko kolmivaiheinen synteesireitti on esitetty synteesikaaviona aineistossa 4.B.

Teollisessa synteesissä kukin vaihe tehdään erikseen ja välituotteet eristetään.

Tutustu aineistoihin [4.A](#) ja [4.B](#) ja tee osatehtävät 4.1–4.4.

4.1 Kun eräässä tehtaassa valmistettiin haloperidolia, käytettävissä oli 6,44 kg välituotetta **R1** ($C_{11}H_{14}Br_2ClN$). Välituotetta **S** saatiin eristettyä vaiheen 2 reaktiosta 3,06 kg. Laske vaiheen 2 saantoprosentti. **6 p.**

4.2 Tasapainota vaiheen 2 reaktioyhtälö. Voit käyttää vastauksessasi kirjainsymboleja **R1** ja **S**. **2 p.**

4.3 Esitä lähtöaineen **P** rakenne. **4 p.**

4.4 **R1** ja **R2** ovat isomeerejä. Mistä isomerian lajista on kyse? Perustele, miksi vaiheessa 1 syntyi pääasiassa isomeeriä **R1** eikä käytännössä lainkaan isomeeriä **R2**. **3 p.**

5. Elektrolyysi 15 p.

5.1 Mikä alkuaine hapettuu ja mikä pelkistyy, kun elektrolysoidaan sulaa magnesiumkloridia? Kirjoita hapettumis- ja pelkistymisreaktioiden reaktioyhtälöt. **5 p.**

5.2 Mitä hapettumis- ja pelkistymisreaktioita tapahtuu, kun lämpötilassa 25 °C elektrolysoidaan litiumjodidin vesiliuosta, jonka konsentraatio on 1,0 mol/l? Kirjoita reaktioyhtälöt ja perustele, miksi nämä reaktiot tapahtuvat. **6 p.**

5.3 Sinkin tuotannossa sinkki puhdistetaan sinkkisulfaatin vesiliuoksen elektrolyysillä. Miksi magnesiumia pitää kuitenkin tuottaa elektrolyysissä sulasta magnesiumkloridista eikä magnesiumkloridin vesiliuoksesta? **4 p.**

6. Liukeneminen 15 p.

Aineisto

6.A [Video: Kalsiumkloridin liukeneminen](#)

6.B [Video: Ammoniumkloridin liukeneminen](#)

Videoissa [6.A](#) ja [6.B](#) tehdään kaksi kalorimetristä koetta. Hyvin eristävään astiaan on kummassakin kokeessa lisätty valmiiksi 100 millilitraa vettä. Astiaan on asetettu myös magneettisekoittaja ja lämpötila-anturi, jonka lukema näkyy videossa. Videossa [6.A](#) astiaan lisätään pieni määrä kiinteää kalsiumkloridia. Videossa [6.B](#) astiaan lisätään pieni määrä kiinteää ammoniumkloridia.

6.1 Mitä havaintoja ja mitä johtopäätöksiä voit tehdä videoissa [6.A](#) ja [6.B](#) tapahtuvista liukenemisprosesseista? Perustele tekemäsi johtopäätökset. **6 p.**

6.2 Tarkastellaan kalsiumkloridin liukenemista videossa [6.A](#). Mitkä sidokset katkeavat ja mitkä muodostuvat videossa tapahtuvassa prosessissa? Nimeä sidosten sidostyypit.

Missä näistä tapahtumista energiaa vapautuu ja missä energiaa sitoutuu? Mikä määrittää sen, onko liukeneminen endoterminen vai eksoterminen prosessi?

9 p.

7. Hypokloorihapokkeen titraus 15 p.

7.1 Opiskelija halusi selvittää laboratoriossa säilytetyn hypokloorihapokeliuoksen (HClO) tarkan konsentraation. Hän päätti tehdä määrittelyn titraamalla. Titrausta varten opiskelija valmisti natriumhydroksidiliuoksen liuottamalla 4,535 g natriumhydroksidirakeita veteen siten, että liuoksen lopputilavuus oli 1 000,0 ml. Oletetaan, että natriumhydroksidirakeet olivat vedettömiä. Opiskelija siirsi 10 ml tutkittavaa hypokloorihapokeliuosta täyspipetillä erlenmeyerpulloon ja lisäsi muutaman pisaran indikaattoriliuosta. Titrauksessa natriumhydroksidiliuoksen kulutus oli 18,1 ml. Hypokloorihapokkeen happovakio K_a on $3,0 \cdot 10^{-8}$ mol/l.

Kirjoita opiskelijan kokeessa tapahtuvan titrausreaktion yhtälö.

Mikä oli hypokloorihapokeliuoksen konsentraatio?

9 p.

7.2 Hypokloorihapokeliuoksen pitoisuus muuttuu säilytyksen aikana, koska HClO-molekyyli hajoaa hitaasti. Tällöin muodostuu kaksi tuotetta. Toinen tuote on happikaasu ja toinen tuote reagoi veden kanssa.

Kirjoita hypokloorihapokkeen hajoamisen reaktioyhtälö.

Muuttuuko liuoksen pH säilytyksen aikana? Perustele vastauksesi.

6 p.

8. Veden fluoridi-ionipitoisuuden määrittäminen 15 p.

Aineisto

8.A Taulukko: Veden fluoridi-ionipitoisuuden määrittäminen

Suomen vesistöissä fluoridi-ioneja on yleensä niukasti lukuun ottamatta rapakivialueita, joilla pohjaveden fluoridipitoisuus voi olla useita milligrammoja litrassa. Fluoridi muun muassa ehkäisee hampaiden reikiintymistä, mutta toisaalta sen liiallisella saannilla on haitallisia terveysvaikutuksia. Siksi talousveden fluoridipitoisuuden raja-arvo on 1,5 mg/l.

Veden fluoridi-ionipitoisuus voidaan määrittää fluoridi-ionielektrodilla, joka tunnistaa selektiivisesti fluoridi-ionit. Elektrodi ilmoittaa mittaustuloksen sähköisenä potentiaalina, jonka yksikkö on millivoltti. Kun näytteen fluoridi-ionipitoisuus kasvaa, sähköinen potentiaali pienenee.

8.1 Kaivoveden fluoridi-ionipitoisuuden määrittämistä varten natriumfluoridista valmistettiin 1 000 ml:n mittapulloon perusliuos, jonka fluoridi-ionipitoisuus oli 100,0 mg/l. Kuinka monta grammaa natriumfluoridia oli punnittava?

5 p.

8.2 Perusliuoksen fluoridi-ionipitoisuus oli 100,0 mg/l. Siitä valmistettiin laimentamalla työliuos toiseen mittapulloon. Työliuoksen fluoridi-ionipitoisuus oli 10,0 mg/l ja mittapullon tilavuus 50 ml. Kuinka paljon perusliuosta oli pipetoitava? 4 p.

8.3 Standardiliuokset valmistettiin laimentamalla työliuosta. Kaivovesinäytteen mittausta varten dekantterilasiin pipetoitiin 25,0 ml näytettä ja 25,0 ml puskuriliuosta. Kukin standardiliuos ja puskuroitu vesinäyte analysoitiin fluoridi-ionidetektorilla. Tulokset on esitetty aineistossa 8.A. Taulukon toisessa sarakkeessa pitoisuuden arvoista on otettu kymmenkantainen logaritmi, jotta kaivovesinäyte saataisiin luettua standardisuoralta. (Kuvaaja, jossa E on esitetty pitoisuuden funktiona, ei ole suora. Sen sijaan kuvaaja, jossa E on esitetty pitoisuuden logaritmin funktiona, on suora.)

Piirrä aineiston perusteella standardisuora ja määritä suoralle yhtälö. Merkitse standardisuoran pystyakselille $E(\text{mV})$ ja vaakakselille $\lg(\text{pitoisuus}/(\text{mg/l}))$. Määritä kaivovesinäytteen fluoridi-ionipitoisuus suoran yhtälön avulla.

6 p.

Osa 3: 20 pisteen tehtävät

 Vastaa kahteen tehtävään.

9. Amiinin synteesi 20 p.

Aineisto

9.A Kuva: Synteesikaavio

Tutustu synteesikaavioon 9.A, joka kuvaa erään sekundäärisen amiinin (**Z**) synteesin viimeisiä vaiheita. Tee osatehtävät 9.1 ja 9.2 tämän synteesikaavion perusteella.

9.1 Synteesissä käytettiin 2,000 grammaa yhdistettä **X** ja tuotteena saatiin 1,357 grammaa amiinia **Z**. Prosentuaalinen saanto oli 89 %. Amiinin **Z** alkuaineanalyysi osoitti, että yhdisteen massaprosenttinen koostumus oli seuraava: C 67,26 %, H 8,47 %, N 4,36 %, O 19,91 %. Mikä on amiinin **Z** molekyylikaava? 12 p.

9.2 Amiini Z liukenee huonosti veteen. Sen sijaan amiinin suola Y liukenee veteen paremmin. Siksi amiinin Z happo-emäsominaisuuksia tutkittiin liuottamalla 0,028 millimoolia amiinin suolaa Y veteen siten, että liuoksen lopputilavuus oli 0,100 l. Muodostuneen liuoksen pH oli 6,36. Laske amiinin Z emäsvakion arvo ($t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$). 8 p.

10. Pyykkikoneessa tapahtuvat reaktiot 20 p.

Aineisto

10.A Teksti: Peroksidit pyykinpesuaineissa

10.B Kuva: Rakennekaavat: peretikkahappo, TAED ja DAED

10.C Tiedosto: TAED:n rakennekaava MarvinSketch-tiedostona

Tutustu aineistoihin 10.A ja 10.B ja tee osatehtävät 10.1–10.4.

10.1 Vetyperoksidin vesiliuos hajoaa vedeksi ja happikaasuksi. Reaktiossa voidaan käyttää katalyyttinä kaliumjodidia. Ensimmäisessä vaiheessa jodidi-ionit hapettuvat vetyperoksidin avulla hypojodiitti-ioneiksi IO^- . Toisessa vaiheessa hypojodiitti-ionit reagoivat vetyperoksidin kanssa tuottaen jodidi-ioneja, vettä ja happikaasua. Esitä tätä katalyyttistä reaktiota kuvaavat reaktioyhtälöt ja jodin hapetusasteet (hapetusluvut, hapetustilat) reaktion eri vaiheissa. 5 p.

10.2 Aineistossa 10.A kuvataan katalyyttien toimintaperiaate pesuaineissa. Perustele, miksi pyykinpesuaineeseen lisättyjen katalyyttien avulla valkaiseva pesu voidaan tehdä alhaisemmassa lämpötilassa kuin valkaiseva pesu ilman katalyyttejä. Millaisia ominaisuuksia kuluttajakäyttöön myytävältä pyykinpesuaineeseen sopivalta katalyytiltä edellytetään? 5 p.

10.3 Vetyperoksidi, natriumkarbonaatti ja TAED reagoivat vedessä, jolloin muodostuu DAED:a, peretikkahapon natriumsuolaa ja natriumvetykarbonaattia. Esitä tämän reaktion reaktioyhtälö ja piirrä vastaukseesi myös peretikkahapon natriumsuolan rakennekaava. Käytä apunasi aineistoja 10.B ja 10.C. Voit käyttää vastauksessasi lyhenteitä TAED ja DAED. 6 p.

10.4 Ketonit reagoivat happamassa liuoksessa vetyperoksidin kanssa, jolloin muodostuu rengasrakenteisia peroksiedeja. Osa näistä peroksiedeista on vaarallisen räjähdysherkkiä, mutta butan-2-onista muodostuvaa peroksidia, MEK-peroksidia, voidaan käyttää turvallisesti tyydyttymättömien yhdisteiden polymerointikatalyyttinä esimerkiksi lasikuituveneiden valmistuksessa.

MEK-peroksidin molekyylikaava on $C_8H_{16}O_4$, ja sen rakenteessa on kuuden atomin rengas. Esitä MEK-peroksidin rakennekaava, kun tiedetään, että se muodostuu butan-2-onin ja vetyperoksidin välisessä reaktiossa. Muodostumisreaktiossa O–O-sidokset eivät katkea.

4 p.

11. Fosfori ja Itämeri 20 p.

Aineisto

11.A Kuvaaja: Fosforikuormitus, pintaveden fosforikonsentraatio ja hapettoman pohjan pinta-ala

Tutustu aineistoon 11.A ja tee osatehtävät 11.1–11.3.

11.1 Itämeren pintaveden fosforipitoisuutta on seurattu pitkään. Vuonna 1958 fosforin pitoisuus pintavedessä oli 8,36 mikrogrammaa litraa kohden. Pintaveden fosforikonsentraatio (millimoolia kuutiometriä kohti) aikavälillä 1970–2018 on esitetty kuvaajassa 11.A.

Kuinka moninkertaiseksi pintaveden fosforipitoisuus kasvoi vuodesta 1958 vuoteen 2018? Perustele vastaus laskulla.

6 p.

11.2 Tarkastele kuvaajaa 11.A, joka esittää maa-alueilta tulevien fosforipäästöjen määrää (eli fosforikuormitusta), hapettoman pohjan pinta-alaa sekä pintaveden fosforikonsentraatiota.

Kuivale maa-alueilta tulevan fosforikuormituksen ja hapettoman pohjan pinta-alan muutoksia eri vuosikymmeninä. Arvioi näiden yhteyttä pintaveden fosforikonsentraatioihin.

7 p.

11.3 Osa fosforista sitoutuu Itämeren pohjaan vivianiitti-mineraalina, $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Vastaavaa prosessia tutkitaan mahdollisena tapana saostaa fosfaattia jätevedenpuhdistamoissa Fe^{3+} -ionien avulla.

Miksi Fe^{3+} -ionien pitää ensin pelkistyä, jotta vivianiittia muodostuisi?

Mitä seurauksia on siitä, että fosforia ei kerätä talteen? Arvioi myös pitkän aikavälin seurauksia.

7 p.

Kokeen tehtävät loppuvat tähän.

Lähteet

1.6 Lähde: YTL.

1.6 Lähde: YTL.

1.6 Lähde: YTL.

1.6 Lähde: YTL.

1.10 Lähde: YTL.

1.10 Lähde: YTL.

1.10 Lähde: YTL.

1.10 Lähde: YTL.

1.10 Lähde: YTL.

Tarkista, että vastasit ohjeiden mukaiseen määrään tehtäviä. Älä jätä mitään merkintöjä sellaisen tehtävän vastaukselle varattuun tilaan, jota et halua jättää arvosteltavaksi.