Eesti loodusteaduste olümpiaad

piirkonnavoor

Lahendused

1. Elusorganismide mõõtmed

Järgmist tundi ette valmistades koostas õpetaja magnettahvlile tabeli elusaine ja selle koostisosade iseloomulikest mõõtmetest sobivates pikkusühikutes. Tunni alguses klassi tulles avastas ta, et nimetused ja pikkusühikud olid ümber tõstetud. Lisaks oli tabelisse ilmunud uus veerg väljamõeldud pikkusühikutega. Esialgu vihastunud õpetaja leidis kiirelt väljapääsu: las õpilased ise korrastavad tabeli ja räägivad mulle elusorganismide mõõtmetest ning enda leiutatud pikkusühikutest!

Korrasta tabel:

1.1 Reasta elusaine ja selle koostisosad tüüpiliste mõõtmete järgi väiksematest suuremateni! 2,5 p

1.2 Lisa elusaine või selle koostisosa juures näidatud arvu(de)le sobiv pikkusühik 2,5 p

1.3 Lisa iga elusaine või selle koostisosa juurde ka õpilaste leiutatud pikkusühik 5 p

Esita korrastatud tabel vastuste lehel! (leiutatud pikkusühikud on vahetatavad!)

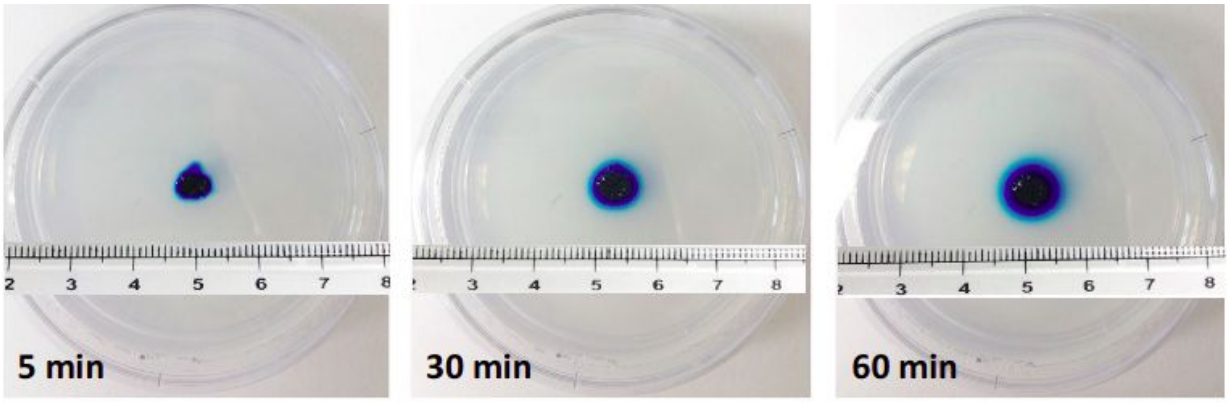
Koht suurus-järjestuses	Elusaine osade tüüpilised lineaarmõõtmed	Pikkusühik	Õpilaste "leiutatud" pikkusühik
1	Vee molekul: 0,3	nm	kilo-pikomeeter
2	Rakumembraani läbimõõt 6 – 10	nm	milli-mikromeeter
3	Viirused: 20 – 400	nm	mikro-millimeeter
4	Bakterid: 1 –10	µm	nano-kilomeeter
5	Pagaripärm: 5 –10	µm	milli-millimeeter
6	Rakud (looma või taime): 10 - 50	µm	kilo-nanomeeter
7	Juuksekarva läbimõõt 0,018 – 0,18	mm	kilo-mikromeeter
8	Punase sipelga keskmine pikkus: 5	mm	detsi-sentimeeter
9	Täiskasvanud mehe jalalaba pikkus 27	cm	detsi-detsimeeter
10	Täiskasvanud mehe pikkus 1,75	m	milli-kilomeeter

2. Difusioon ja vereringe

Rakud vajavad elus püsimiseks väliskeskkonnast hapnikku ja toitaineid. Üks viis nende omastamiseks on difusioon. Difusioon on molekulide juhuslik liikumine kõrgema kontsentratsiooniga piirkonnast madalama kontsentratsiooniga piirkonda suunas, kuni ainete kontsentratsioonid (näiteks anuma eri osades või raku ja rakuvaheruumi vahel) ühtlustuvad. Järgnevalt uurime difusiooni toimimist ja tähtsust organismides.

2.1 Värvi difusioon Petri tassis

Alustame difusiooni uurimisega "katseklaasis".
Agaroos on merevetikatest saadav väga suure molekuliga polüsahhariid, millel on tarretavad omadused. Agaroosile vee lisamisel saadav geel leiab rohket kasutamist mikrobioloogias bakterite ja teiste pisiorganismide kasvukeskkonna ehk söötmena Petri tassis, samuti biokeemias biomolekulide eraldamiseks üksteisest elektrivälja abil. Oma tarretiselaadse oleku tõttu sobib agaroos ka difusiooni uurimiseks. Lisaks difusioonile toimub vedelikes ja gaasides pidev molekulide liikumine, mis on põhjustatud temperatuuri ja tiheduse erinevustest erinevates aine piirkondades.
Difusiooni kiiruse uurimiseks pandi agaroosgeeliga kaetud Petri tassi värvainet metüleensinist. Tassist tehti pildid 5, 30 ja 60 minuti möödudes. Mõõteskaala on sentimeetrites.



Pildi allikas: Biophysical society.

2.1.1 Tõmba valikutes õigetele sõnadele joon alla. 1 p

Agaroos sobib värvaine difusiooni uurimiseks **paremini/halvemini** kui vesi, sest agaroosi struktuur **takistab/soodustab** teiste värvaine liikumist põhjustavate nähtuste avaldumist.

2.1.2 Mitu protsenti kasvas metüleensinise laigu diameeter (koos heleda äärega) viimase 30 minuti jooksul? 1 p

60 minuti möödudes diameeter = 5,6 − 4,6 = 1,0 cm
30 minuti möödudes diameeter = 5,7 − 4,9 = 0,8 cm , seega kasv = **25%**
Žürii arvestab sellega, et mõõtmistulemused võivad erineda sõltuvalt lahendamise viisist ja vahendite kvaliteedist paari millimeetri ulatuses.

2.1.3 Juhul, kui värvilaigu diameeter kasvaks ajas lineaarselt (ühtlase kiirusega), siis mitme sentimeetri võrra suureneks laigu diameeter 1 päeva jooksul? 2 p

Diameeter kasvas 30 minuti jooksul 0,2 cm.
1 päevas kasvaks:
(0,2 cm / 30 min) · (60 min / 1h) · (24 h / 1 päev) · 1 päev = **9,6 cm/päev**

Tegelikkuses ei kasva laigu diameeter lineaarselt. Ligikaudse hinnangu diameetri kasvu tegeliku kiiruse jaoks saab kasutades valemit:
$x \approx \sqrt{4tD}$ ehk $x^2 \approx 4tD$,
kus *t* on aeg, mis on alates difusiooni algusest kulunud,
x on kaugus, mille difundeeruv aine on aja *t* jooksul läbinud,
D on difusioonikoefitsient, mis on erinev iga lahusti ja lahuse jaoks, ning on seega iga lahusti ja lahuse jaoks katseliselt määratud.

2.1.4 Mitme sentimeetri võrra suureneks laigu diameeter 1 päeva jooksul selle mudeli põhjal? 3 p

Ülesande lahendamiseks tuleb kõigepealt leida difusioonikoefitsient *D*. Selle leidmiseks on mitmeid meetodeid.
Kõige täpsem viis on piltide põhjal leida värvilaigu ääre kauguse erinevus algsest värvilaigust. Selle hindamine on antud piltide põhjal veidi subjektiivne, seega aktsepteeritakse vastuseid, mis veidi varieeruvad. Pildi järgi on värvilaigu diameeter kõige alguses (5 minuti põhjal) d_0= 0.4 cm. Värvilaikude diameetrid ajahetkedel 5 min, 30 min ja 60 min on vastavalt 0,6 cm, 0,8 cm ja 1 cm. See teeb difusioonikauguseks *x* nendel ajahetkedel 0,1 cm, 0,2 cm ja 0,3 cm.
Kõige lihtsamalt, arvutades viimase ajapunkti järgi):
$D = (0{,}3\ \text{cm})^2 / (4 \cdot 60\ \text{min} \cdot 60\ \text{s/min}) \approx 6 \cdot 10^{-6}\ \text{cm}^2/\text{s}$. Täpsem arvutus (teha x^2 vs aeg graafik ja selle tõusu järgi) tuleb $6.1 \cdot 10^{-6}\ \text{cm}^2/\text{s}$.
Sõltuvalt mõõtmistingimustest võib tulemus varieeruda.

$$x = \sqrt{4 \cdot (24\ h/päev \cdot 3600\ s/h) \cdot 6 \cdot 10^{-6} cm^2/s} \approx 1{,}4\ \text{cm}$$

Diameeter suureneb $\Delta d = 2x$ võrra ehk diameetri muutus ühe päeva jooksul on Δd = **2,8 cm**.

2.2 Hapniku difusioon organismis.

Inimese kehas liigub hapnik difusiooni tõttu mitmes kohas: nii kopsudest veresoontesse, kui ka veresoontest rakkudesse. Seetõttu on oluline teada, kui kiiresti difundeerub hapnik erinevatele füsioloogiliselt olulistele kaugustele. Küll aga pole eelnevalt kirjeldatud mudel selle kirjeldamiseks sobilik, sest metüleensinise difusioon toimus ainult kahes dimensioonis, kuid hapnik liigub kehas ringi kolmes dimensioonis.
Vaatamata sellele, saame me teistsuguseid lihtsustatud mudeleid kasutades teha mitmeid järeldusi selle kohta, kuidas difusiooni aeglane kiirus piirab organismide hapniku kättesaadavust.
Uurime esmalt ainurakseid organisme.

2.2.1 Kirjuta vastuste lehe tabelisse kõrvuti lahtritesse ainurakne organism ja elusloodus riik, millesse see kuulub. 1,5 p

Organism	**Riik**
Harilik amööb	Loomad
Pagaripärm	Bakterid
Sinivetikas	Seened
	Taimed
	Protistid

Harilik amööb	Protistid
Pagaripärm	Seened
Sinivetikas	Bakterid

Rakkude hapnikuvajadus sõltub raku ruumalast: mida suurem on rakk, seda rohkem vajab ta hapnikku. Ficki seadus kirjeldab, kuidas erinevad faktorid mõjutavad läbi rakumembraani difundeerunud hapniku hulka. Lihtsustatud versiooni Ficki seadusest võib kirja panna nii:

$$V = \frac{(C1 - C2) \cdot S \cdot D}{x}$$

kus V on ajaühikus rakku sisenenud hapniku kogus

C1 on hapniku kontsentratsioon rakust väljas

C2 on hapniku kontsentratsioon rakus

S on raku välispinna pindala

D on difusioonikoefitsient

x on difusiooni teekonna pikkus

2.2.2 Märgi, kas väide on tõene (+) või väär (−). 1,5 p

i)	Suurema raku välispinnaga rakku jõuab rohkem hapnikku	**+**
ii)	See seadus pole oluline taimedes, sest taimerakud ei vaja väliskeskkonnast hapnikku, kuna toodavad fotosünteesi käigus kogu vajaliku hapniku ise.	**−**
iii)	Suurendades difusiooni teekonna pikkust, suurendab rakk hapniku omastamise kiirust	**−**

2.2.3 Kuidas muutub ajaühikus rakku sisenenud hapniku kogus, kui rakumembraani paksus suureneb 10 nanomeetrilt 30 nanomeetrile? 2 p

Ajaühikus rakku sisenenud hapnikku kogus **väheneb 3 korda**.

Kerakujuline rakk, mille raadius on 1 cm, vajaks enda välispinnal ligi 100 korda suuremat hapniku kontsentratsiooni, kui see, mis on õhus, et tema keskmesse jõuaks piisavalt hapnikku. Aga 1 mm raadiusega kerajal rakul piisab ellujäämiseks õhus leiduvast hapnikust. Tegelikkuses on loomaraku läbimõõt tavaliselt ligikaudu 10 mikromeetrit, ehk piisavalt väike, et toimuks efektiivne ainete transport rakust sisse ja välja.

Kogu eelneva põhjal võime öelda, et difusioon on aeglane. Kuid vaatamata sellele saavad kõik loomade rakud omale vajaliku hapniku kätte. Paljudel loomadel, nagu inimesel, on hapniku kudedesse toimetamiseks välja arenenud vereringesüsteem.

Paelussid on lameusside hõimkonda kuuluv parasiitsete loomade klass. Paelussid nakatavad ka inimesi, elades nende seedetraktides, kus nad võivad kasvada mitme meetri pikkuseks. Lameusse eristab paljudest teistest usjatest loomadest igasugune vereringesüsteemi puudumine. Näiteks on isegi vihmaussil olemas vereringe.

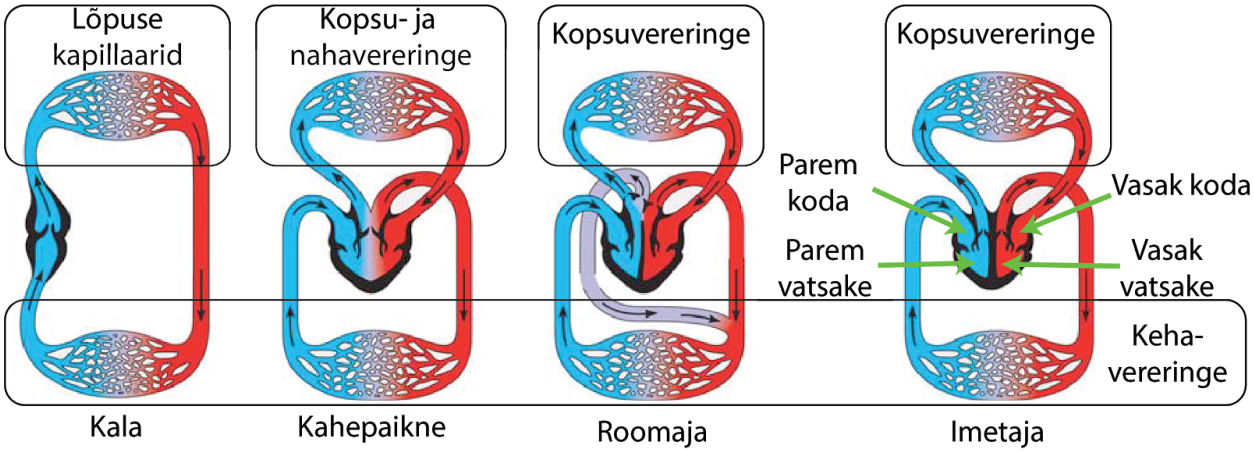
2.2.4 Kasuta Ficki seadust, et selgitada, miks pole lameussidel hapniku kättesaamiseks vaja vereringesüsteemi. 2 p

Lameussid on väga “õhukesed”, seega on neil võrreldes sama ruumalaga teiste ussidega suur välispindala. Samuti on maksimaalne kaugus, mille hapnik peab difundeeruma, et ussi “keskmesse” jõuda võrdlemisi väike. Ficki seadus ütleb, et looma difundeerunud hapniku kogus on võrdeline välispindalaga ja pöördvõrdeline difusioonikaugusega. Seega siseneb nii looma suure pindala kui ka väike difusioonikauguse tõttu looma piisavalt hapnikku, et tal pole vaja eraldi mehhanismi, mis hapnikku transpordiks.

Paljudel loomadel on kudede hapnikuga varustamiseks välja arenenud komplekssed vereringesüsteemid. Järgnevalt uurime lähemalt selgroogsete vereringesüsteeme.

2.2.5 Lisaks gaaside ja toitainete transpordile kudedesse, on selgroogsete vereringesüsteemil veel mitmeid ülesandeid. Nimeta neist 3. 1,5 p

Võimalikud vastused: termoregulatsioon, jääkainete ära viimine kudedest, roll immuunvastuses, hormoonsignaalide transport. Ka muid asjakohaseid vastuseid aktsepteeritakse.



2.2.6 Märgi iga väite järjekorranumbri juurde vastuste lehel kas tõene või väär (+ või −) 3,5 p

1.	Püsisoojastel loomadel kulub võrreldes sama suurte kõigusoojaste loomadega vähem hapnikku, mistõttu on neil tekkinud kaks vereringet: suur ja väike (ehk kopsu-) vereringe.	−
2.	Roomajate vereringesüsteem on justkui evolutsiooniline vaheetapp kahepaiksete ja imetajate vereringesüsteemide vahel.	+
3.	Imetajate südame paremas vatsakeses on hapnikuvaene veri.	+
4.	Kaladel pole eraldi suurt ja väikest vereringet, sest gaasivahetus toimub efektiivsemalt lõpustes kui kopsudes.	−
5.	Roomajate südames segunevad hapnikurikas ja -vaene veri rohkem kui kahepaiksete südames.	−
6.	Südamerakud ise saavad oma hapniku otse kodadest ja vatsakestest.	−
7.	Veresooned jagunevad väikesteks kapillaarideks, et veres transporditavad toitained saaksid rakkudesse difundeeruda.	+

3. Päevitamise mõju tervisele

Mõõdukas päevitamine mõjub tervisele positiivselt, toetades D-vitamiini teket ja tugevdades immuunsüsteemi. Seevastu ülemäärane päevitamine tekitab nahakahjustusi, millest võivad alguse saada pahaloomulised kasvajad, sest kõrge energiaga kiirguskvandid kahjustavad naharakke.

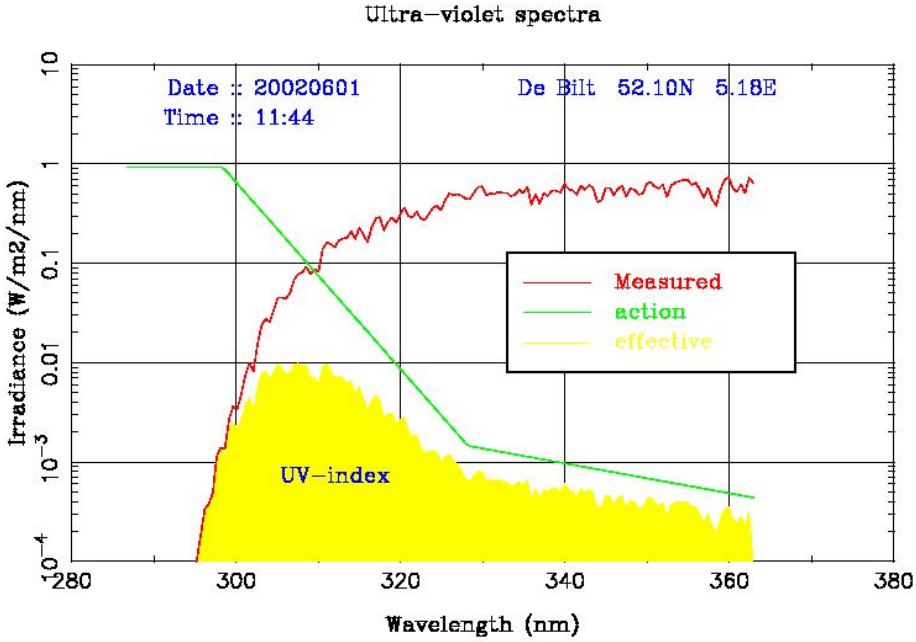
Päikesekiirgus kujutab endast ruumis levivaid elektromagnetlaineid. Päikesekiirguse koosseisus jõuab maapinnale nii nähtav valgus kui ultraviolettkiirgus (ultravalgus), lainepikkusega 100 nm < λ < 380 nm. Ultraviolettkiirgus liigitatakse omakorda UV-A, UV-B ja UV-C kiirguseks. Tervisekahjustusi põhjustavad peamiselt UV-B kiirgus (λ < 320 nm) ja eriti UV-C kiirgus (λ < 280 nm). Õnneks neeldub enamus UV-C kiirgusest atmosfääris enne maapinnale jõudmist.

Kiirguse mõju naharakkudele sõltub elektromagnetilise välja kvandi (kiirgusosakese) energiast ***E***, mida saab arvutada valemiga

$$E = \frac{hc}{\lambda},$$

kus

$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ *J·s* on Plancki konstant,
$c \approx 300\,000$ km/s on valguse kiirus vaakumis ja
λ on kiirgusosakese (elektromagnetilise välja kvandi) lainepikkus.



Joonis 1. *UV-kiirguse spektri mõõtmistulemused, erüteemse mõju spekter ja UV-indeks. Pildi autor Marc Allaart, KNMI, De Bilt.*

Inimeste teavitamiseks päevitamisel kogutava UV-kiirguse ohtlikkusest kasutatakse UV-indeksit. UV-indeks võtab kokku päikesekiirguse intensiivsuse (punane graafik Joonis 1) ja kiirguskvantide erüteemse mõju ehk nahakahjustuse tekkimise efektiivsuse (roheline graafik). Samal ajal kui loodusliku UV-kiirguse intensiivsus kahaneb lühemate lainepikkuste poole, kasvab erüteemne mõju. Joonis näitab efektiivset spektrit, mille aluse (kollase) pindala järgi määratakse UV-indeks. UV-indeks on kunstlik skaala, mille ühele ühikule vastab kiirguse võimsus 25 mW/m^2.

3.1 Kiirguskvantide energia ja nahakahjustused

3.1.1 Arvuta UV-kiirguse kvandi energia lainepikkusel λ = 310 nm ja nähtava valguse kvandi energia lainepikkusel λ = 420 nm. Näita mustandil arvutusi ja ühikute teisendamist. 4,5 p

$E_{310\ nm} = hc/\lambda = (6{,}63\cdot10^{-34}\ Js \cdot 300000\ km/s)\ /310\ nm =$
$= (6{,}63\cdot10^{-24}\ J\cdot s \cdot 3\cdot10^{8}\ m/s)\ /(3{,}10\cdot10^{-7}\ m) =$ **$6{,}42\cdot10^{-19}$ J**

$E_{420\ nm} = hc/\lambda = (6{,}63\cdot10^{-34}\ Js \cdot 300000\ km/s)\ /420\ nm =$
$= (6{,}63\cdot10^{-24}\ J\cdot s \cdot 3\cdot10^{8}\ m/s)\ /(4{,}20\cdot10^{-7}\ m) =$ **$4{,}74\cdot10^{-19}$ J**

3.1.2 Selgita, kumb kiirgus kahjustab nahka rohkem ja miks. 1 p

Lühema lainepikkusega UV kiirgus, sest UV kiirguse kvandil (310 nm) on suurem energia kui nähtava valguse kvandil (420 nm). Suurema energiaga kvant suudab naharakke rohkem kahjustada.

3.2 Uuri UV-kiirguse graafikuid (Joonis 1) ja vasta järgmistele küsimustele

3.2.1 Millises maailmajaos ja mis kellaajal on mõõtmised tehtud? 1 p

Euroopas, kell 11:44

3.2.2 Kui suur oli mõõtmise ajal UV-C kiirguse osa maapinnale jõudnud päikesekiirguse spektris? 1 p

UVC kiirguse osa oli 0, UVC kiirgus ei jõudnud maapinnale (UVC kiirgust ei ole joonisel näidatud)

3.2.3 Milline neist atmosfääri koostisesse kuuluvatest ainetest takistab oluliselt UV-C kiirguse jõudmist maapinnale? 1 p

Argoon Süsihappegaas **Osoon** Lämmastik Metaan

3.2.4 Mitu korda on lainepikkuse λ = 290 nm erüteemne mõju suurem kui lainepikkuse λ = 340 nm mõju? 1 p

Tuhat korda

3.2.5 Võrdle UV-A ja UV-B kiirguse panust UV-indeksi kujunemisse! Kirjelda, kuidas hindasid UV-A ja UV-B kiirguse osakaalusid! 2,5 p

UV-B kiirguse panus UV-indeksisse oli suurem kui UV-A kiirgusel. Võrdlesin UV indeksi graafiku alla jäävaid (kollaseid) pindalasid vastavates lainepikkuste vahemikes.

3.3 UV-indeks

3.3.1 Millised tegurid mõjutavad otseselt UV-indeksit? (tõmmake õigetele ring ümber) 3 p

Kuupäev, kellaaeg, õhutemperatuur, süsihappegaasi kontsentratsioon atmosfääris, hapniku kontsentratsioon atmosfääris, **aerosooliosakesed atmosfääris,** tuule kiirus, **aastaaeg,** soojuskiirgus.

(Mitte jämedas kirjas olevad pole tehniliselt valed, seega nende eest punkte alla ei võeta, kuid ka punkte juurde ei anta, sest need pole olulised tegurid).

3.3.2 Kui suur on maapinna ruutmeetrile langeva kiirguse võimsus, kui UV-indeks on 8? 1 p

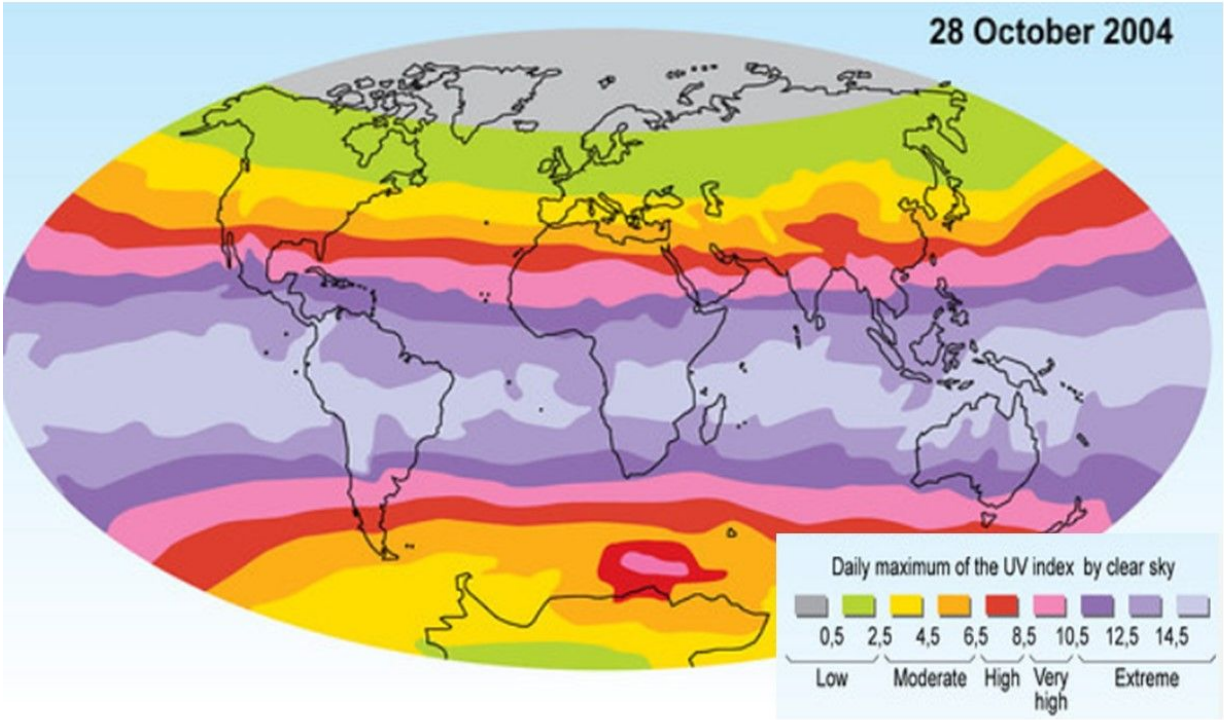
$8 \cdot 25\ mW/m^2$ = **$200\ mW/m^2$**

3.3.3 Kui suure kiirgusenergia doosi (džaulides) saab inimene kümne minuti jooksul 100 cm^2 suurusele naha pinnale, kui UV-indeks on 8 ja päike on peaaegu seniidis? 3 p

Energia ühele ruutmeetrile $200 \times 10^{-3}\ W \cdot 60\ s = 12\ J$;
Energia 100-le ruutsentimeetrile = **0,12 J**

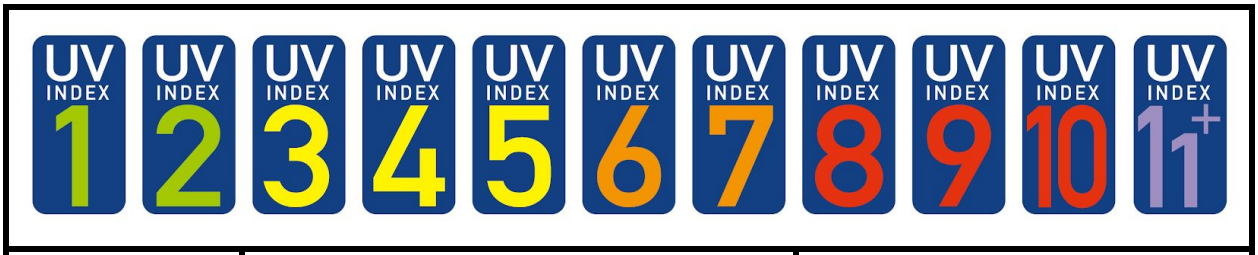
3.3.4 Kirjelda oma sõnadega UV-indeksi sõltuvust laius- ja pikkuskraadidest (Joonise 2 põhjal)! 2 p

UV-indeks sõltub laiuskraadist ja ei sõltu oluliselt pikkuskraadist. Ehk: UV-indeksid on sarnased samadel laiuskraadidel üle kogu maakera.



Joonis 2. Kaardil on päeva maksimaalsed UV-indeksid 28. oktoobril 2004. Värviskaala näitab UV-indeksi väärtuste vahemikke ja sõnalist hinnangut: madal - mõõdukas - kõrge - väga kõrge - ülikõrge. Pildi autor: Emmanuelle Bournay, GRID-Arendal https://www.grida.no/resources/7130.

3.3.5 Oled reisikonsultant ja pead andma reisijatele soovitusi ultraviolettkiirguse kahjustuste vältimiseks. Abiks on Maailma Terviseorganisatsiooni juhised: 1,5 p



A	B	C
Kaitse pole vajalik	**Kaitske end keskpäevatundidel otsese kiirguse eest! Vari, riided, müts, päikeseprillid, kaitsekreem**	**Vältige keskpäevatundidel väljas olemist! Püsige varjus! Kaitsekreem ja müts on hädavajalikud!**

Millise soovituse (A, B või C) annaksid oktoobrikuus erinevatesse sihtkohtadesse reisijatele?

Sihtkoht	Austraaliasse	Vahemere äärde	Lõuna-Ameerika lõunatippu
Soovitus (A,B,C)	**C**	**B**	**B**

3.3.6 Miks on sellel kaardil põhjapoolkeral madalamad UV-indeksid kui lõunapoolkera samadel laiuskraadidel? 1 p

Sellel kuupäeval on põhjapoolkeral talv ja lõunapoolkeral suvi (päike käib põhjapoolkeral madalamalt)

3.3.7 Uuri kahte silmatorkavat erandit UV-indeksi kaardil, kus UV-indeks on märgatavalt suurem kui samal laiuskraadil keskmiselt. Kirjelda oma sõnadega mõlema koha jaoks, mis sellist anomaaliat põhjustas. 4 p

a) Lõunaookeanis Antarktikast põhjas, kus UV-indeks on vahemikus 8,5–10,5:

b) Aasia lõunaosas, kus UV-indeksi vahemik 6,5–8,5 ulatub kaugemale põhja, eristudes sellele laiuskraadile iseloomulikust madalamast UV-indeksist.

a) osooni hõrenemise tõttu selles piirkonnas (“osooniaugu” tõttu) jõudis maapinnale rohkem UV-kiirgust (eriti UVC-ja UVA-kiirgust), mis suurendas UV-indeksit.

b) seal asub Himaalaja mäestik, mille kõrgus merepinnast on väga suur, ning UV indeks kasvab kõrgusega merepinnast.

4. Jõhvikad

Viirusterohkel ajal kohtame meedias üha enam ingliskeelset sõna superfood (supertoit), millega viidatakse toiduainetele, mis on toitainerikkad, ning millel arvatakse olevat inimese tervisele kasulik mõju. Üheks selliseks toiduaineks loetakse ka jõhvikaid, mida nende tervendavate omaduste tõttu on juba aastasadu kasutatud ka rahvameditsiinis nt palavikualandajana.

Eestis kasvavad jõhvikad looduslikult happelise pinnasega märgaladel. Esindatud on kaks liiki: harilik ja väike jõhvikas, millest levinuim on esimene.

4.1 Paiguta hariliku jõhvika taksonoomilised kategooriad õigesse lahtrisse: *kanarbikulaadsed, õistaimed, jõhvikas, taimed, kanarbikulised, kaheidulehelised, harilik jõhvikas* **1,5 p**

1. Riik	taimed
2. Hõimkond	õistaimed
3. Klass	kaheidulehelised
4. Selts	kanarbikulaadsed
5. Sugukond	kanarbikulised
6. Perekond	jõhvikas
7. Liik	harilik jõhvikas

4.2 Märgi, kas väide on tõene (T) või väär (V). **3 p**

1. Jõhvikate õied on mõlemasugulised.	**T**
2. Jõhvikas on kahekojaline taim.	**V**
3. Jõhvikatel on pealt tumerohelised ja läikivad ning alt vahakihi tõttu valkjad liitlehed.	**V**
4. Jõhvikas paljuneb peamiselt vegetatiivselt.	**T**
5. Jõhvikataim on igihaljas kääbuspõõsas.	**T**
6. Jõhvikas ei kuulu kaitstavate taimede nimekirja, kuid Eestis ohustab jõhvikat peamiselt soode kuivendamine.	**T**

Maailma suurimaks jõhvikakasvatajaks on Ameerika Ühendriigid, kus kasvatatakse üle poole kogu maailmas toodetud jõhvikatest. Ainult 5% jõhvikatest tarbitakse värskelt, ülejäänud jõhvikad kas kuivatatakse või neist valmistatakse mahla ning erinevaid keediseid.

Jõhvikamoos on oma konsistentsilt paks, kuna marjades sisaldub palju pektiini. Pektiin on polüsahhariid, mille nimetus tuleneb kreekakeelsest sõnast "*πηκτικός*", mis tähendab tõlkes tarretumist ja kalgendumist. Ka poes müüdav moosisuhkur, mida kasutatakse mooside paksendamiseks, sisaldab just pektiini. Pektiin kuulub taimede rakukestade koostisesse.

4.3 Tõmba õigele variandile joon alla. 1,5 p

i) Rakukest ümbritseb ***taimerakku*** / *nii taimerakku kui ka loomarakku* / *loomarakku*.
ii) Rakukest asub rakumembraanist *seespool* / ***väljaspool.***
iii) Rakukesta ülesandeks on ***tagada taimeraku kuju ja tugevus*** / *säilitada raku pärilikku informatsiooni* / *toota energiat* / *fotosüntees*.

Järgnevas tabelis on toodud värskete ja poes müüdavate kuivatatud jõhvikate ning jõhvikatest valmistatud mahlajoogi toitumisalane teave. Selles on kajastatud nii nende kalorsus kui ka neis sisalduvate tähtsamate koostisosade sisaldused. (On oluline tähele panna, et tabelis toodud elementide sisaldused viitavad kõikide selle elemendi esinemisvormide sisaldusele. Nt "kaalium" ei ole mitte metallilise kaaliumi sisaldus, vaid kaaliumioonide sisaldus.)

	Värsked (100 g)	Kuivatatud (100 g)	Mahlajook (100 ml)
energiasisaldus (kcal)	46	308	43
süsivesikud (g)	12	86	11
rasvad (g)	0,13	1,4	0,12
valgud (g)	0,39	1,0	0,26
askorbiinhape (mg)	13,3	0,2	30
…	…	…	…
kaalium (mg)	85	40	73
kaltsium (mg)	8	10	19
magneesium (mg)	6	5	4,8
mangaan (mg)	0,36	0,27	0,065

Jõhvikad on tuntud oma suhteliselt kõrge mangaanisisalduse poolest. Mangaan on biometall (ehk bioloogiliselt oluline metall), millel on tähtis roll nii ajutegevuses kui ka immuunprotsessides. Lisaks mõjutab mangaan organismi kasvu, vere glükoosisisaldust, rasvade ainevahetust jne.

4.4 Arvuta mangaani massiprotsent värsketes jõhvikates. **1 p**

100 g värskeid jõhvikaid sisaldab 0,36 mg = $3{,}6 \cdot 10^{-4}$ g mangaani.
%(Mn) = $3{,}6 \cdot 10^{-4}$ g /100 g · 100% = **$3{,}6 \cdot 10^{-4}$%**

Inimese mangaanivajadus sõltub nii soost kui ka vanusest, kuid keskmiselt loetakse, et 15-aastaste ja vanemate inimeste päevane vajadus on 3,0 mg.

4.5 Arvuta, mitu grammi värskeid jõhvikaid peab 15-aastane nooruk keskmiselt päevas sööma, et rahuldada oma mangaanivajadus eeldusel, et teistest toiduainetest ta mangaani ei saa. **1 p**

$m_{\text{jõhvikad}}$ = 3,0 mg / 0,36 mg · 100 g ≈ **830 g**

15-aastase teismelise keskmine päevane energiavajadus on 10752 kJ.

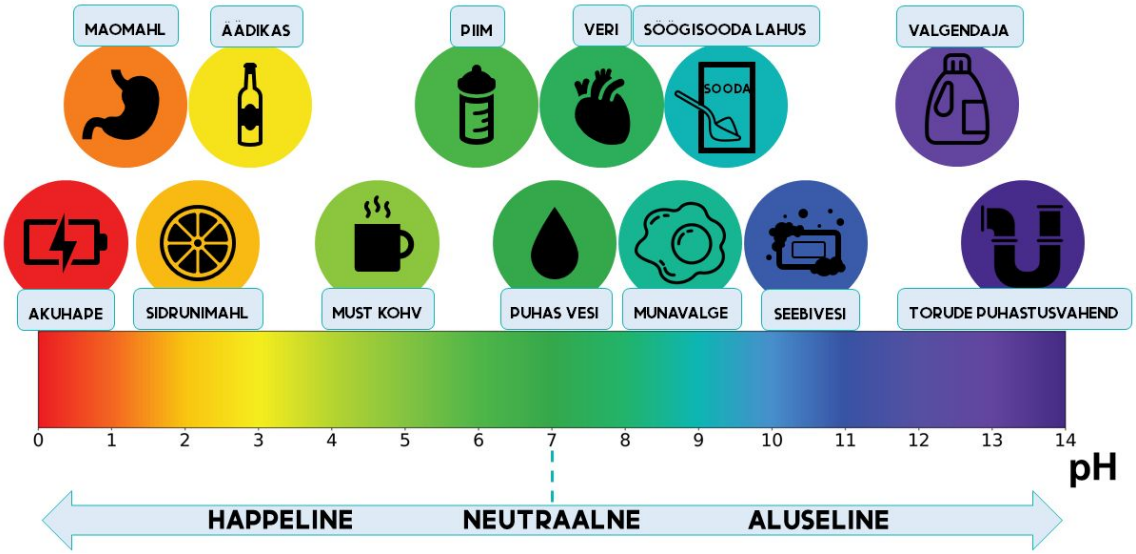
4.6 Arvuta, mitu protsenti oma päevasest energiavajadusest sai nooruk, kes jõi õhtusöögi kõrvale kolm klaasi jõhvika mahlajooki. Üks klaasitäis on 250 ml ning 1 kcal = 4,2 kJ. **3 p**

100 ml mahlajoogi energiasisaldus on 43 kcal.
Nooruk jõi 3 klaasitäit ehk 3 · 250 ml = 750 ml
Arvutame sellest kogusest saadava energiahulga:
$E_{\text{3 klaasi}}$ = 750 ml /100 ml · 43 kcal = 322,5 kcal
Nooruki päevane energiavajadus on 10752 kJ = 2560 kcal.
Arvutame mitu protsenti moodustab mahlajoogist saadud energia päevasest energiavajadusest:
%(E) = 322,5 kcal/2560 kcal · 100% ≈ **13%**

4.7 Arvuta, kas joodud mahlajoogist piisas, et täita ka tema soovitatav päevane mangaanivajadus. **1 p**

100 ml mahlajoogis on 0,065 mg mangaani.
Arvutame, kui palju mangaani saab nooruk kolmest klaasitäiest:
$m_{\text{Mn_3 klaasi}}$ = 750 ml / 100 ml · 0,065 mg ≈ 0,49 mg
Kuna päevane vajadus on 3,0 mg, siis järelikult kolmest klaasist mahlajoogist **ei piisa**, et täita nooruki soovitatav päevane mangaanivajadus.

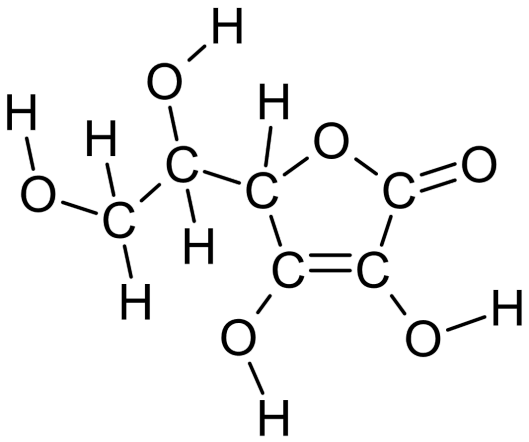
Värsked jõhvikad on väga hapu maitsega, kuna sisaldavad mitmeid happed. Happelisuse hindamiseks kasutatakse suurust nimega pH. Järgneval joonisel on toodud vesilahuste pH-skaala ning mõnede igapäevaelust tuntud vedelike pH.



4.8 Milline on jõhvika mahlajoogi pH? (Märgi õige vastus linnukesega "✔".)
0,5 p

pH < 7	✔
pH = 7	
pH > 7	

Üks jõhvikates sisalduv hape on askorbiinhape ehk C-vitamiin. C-vitamiini tuntakse ka lisaainena E300. Askorbiinhappe struktuur (molekuli ehitus) on toodud järgneval joonisel.



4.9 Leia askorbiinhappe molekulivalemi (summaarse valemi) indeksid *x*, *y* ja *z*: $C_xH_yO_z$. **1,5 p**

x = **6**
y = **8**
z = **6**
Valem: $C_6H_8O_6$

4.10 Mitu vesinikuaatomit on 7 askorbiinhappe molekulis? **0,5 p**

Kuna ühes molekulis on 8 vesinikuaatomit, siis seitsmes molekulis on järelikult 7 · 8 = **56** vesinikuaatomit.

Enamasti viiakse keemias reaktsioone läbi tunduvalt suuremate ainehulkadega kui paar aatomit või molekuli. Näiteks 18 g vees on umbes $6{,}02 \cdot 10^{23}$ H_2O molekuli. Selleks, et arvutuste tegemine oleks mugavam, on aineosakeste loendamiseks võetud kasutusele suurus mool (tähis: *n*; ühik: mol). 1 mol on selline ainehulk, milles sisaldub $6{,}02 \cdot 10^{23}$ osakest (molekuli, aatomit, iooni vms). St 18 g vees on u 1 mol vett. Ühes moolis sisalduvate osakeste arvu nimetatakse Itaalia teadlase Amedeo Avogadro järgi Avogadro arvuks (tähis: N_A). $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ 1/mol

4.11 Mitu vesinikuaatomit on 7 moolis askorbiinhappes? **1p**

7 moolis askorbiinhappes on $N_{askorbiinhape}$ = 7 mol · N_A askorbiinhappe molekuli.
Kuna ühes askorbiinhappe molekulis on 8 vesinikuaatomit, siis saame, et 7 moolis askorbiinhappes on järelikult
N_H = 7 mol · N_A · 8 = 7 mol · $6{,}02 \cdot 10^{23}$ 1/mol · 8 ≈ **$3{,}4 \cdot 10^{25}$** vesinikuaatomit.

4.12 Mitu mooli vesinikuaatomeid on 7 moolis askorbiinhappes? **0,5 p**

Kuna ühes molekulis askorbiinhappes on 8 vesinikuaatomit, siis ka ühes moolis askorbiinhappes on 8 mooli vesinikuaatomeid.
Seega 7 moolis askorbiinhappes on 7 mol · 8 = **56** mooli vesinikuaatomeid.

Askorbiinhape on tuntud antioksüdant − askorbiinhape takistab mõnede ainete oksüdeerumisprotsesside toimumist, sest askorbiinhape reageerib tugevama redutseerijana aine asemel ise oksüdeerijaga. Selle reaktsiooni käigus loovutab askorbiinhappe molekul 2 vesinikuaatomit.

4.13 Mitu vesinikuaatomit loovutavad kokku 7 askorbiinhappe molekuli oksüdeerumise käigus? 0,5 p

Kuna üks molekul loovutab 2 vesinikuaatomit, siis 7 askorbiinhappe molekuli loovutavad kokku järelikult 7 · 2 = **14** vesinikuaatomit.

4.14 Mitu vesinikuaatomit loovutatakse 7 mooli askorbiinhappe oksüdeerumisel? 1 p

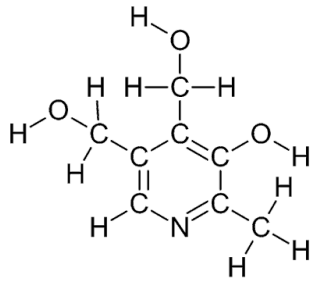
7 moolis askorbiinhappes on 7 mol · N_A askorbiinhappe molekuli. Kuna üks molekul loovutab 2 vesinikuaatomit, siis 7 mol askorbiinhappe oksüdeerumisel loovutatakse:
$N_{H_loovutatav}$ = 7 mol · N_A · 2 = 7 mol · $6{,}02 \cdot 10^{23}$ 1/mol · 2 ≈ **$8{,}4 \cdot 10^{24}$** vesinikuaatomit.

4.15 Mitu mooli vesinikuaatomeid loovutatakse 7 mooli askorbiinhappe oksüdeerumisel? 0,5 p

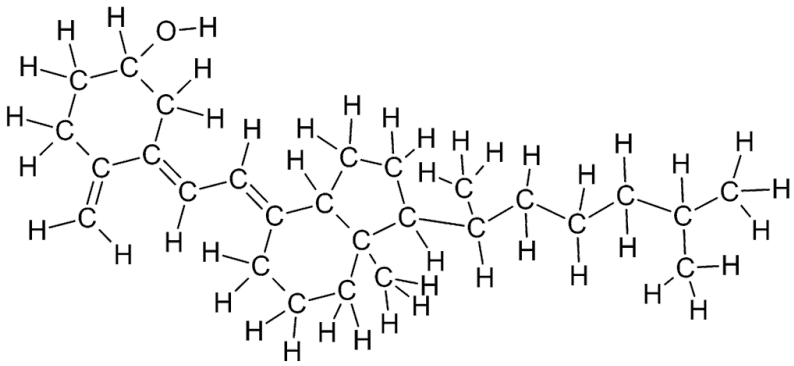
Kuna üks askorbiinhappe molekul loovutab oksüdeerumisel 2 vesinikuaatomit, siis ühe mooli oksüdeerumisel loovutatakse 2 mooli vesinikuaatomeid.
Seega 7 mooli oksüdeerumisel loovutatakse 7 mol · 2 = **14 mol** vesinikuaatomeid.

Vitamiinid võib jagada nende lahustumise alusel kahte suurde rühma: vesilahustuvad ja rasvlahustuvad vitamiinid. Ainete lahustumisel kehtib enamasti põhimõte "sarnane lahustub sarnases". Vee molekul on polaarne, st molekulil on justkui kaks poolust − üks positiivse laenguga ja teine negatiivse laenguga. Seetõttu lahustuvad vees hästi polaarsed ja ioonilised ained. Näiteks lahustub vees hästi keedusool (NaCl), mis on iooniline aine, aga ei lahustu taimeõli, sest selle koostises olevad molekulid ei ole polaarsed. C-vitamiin lahustub hästi vees, kuna selle molekulis on mitmeid O−H sidemeid, mida moodustavad aatomid seostuvad hästi vee molekulidega, ning samaaegselt võrdlemisi vähe C−H sidemeid, millega seotud aatomid vee molekulidega ei seostu. Seega on C-vitamiin vesilahustuv vitamiin.

4.16 Joonisel on toodud rasvlahustuva D_3-vitamiini ja vesilahustuva B_6-vitamiini struktuurid. Otsusta, kumb struktuur kuulub kummale. 1 p



A



B

A − **B_6-vitamiin**
B − **D_3-vitamiin**

Võrreldes rasvlahustuvate vitamiinidega, on vesilahustuvate vitamiinide varud organismis üsna väikesed, mistõttu on oluline neid saada igapäevaselt toiduga. Ebapüsivuse tõttu langeb aga askorbiinhappesisaldus toiduainetes märkimisväärselt nende säilitamisel. Näiteks kuivatamisel võib langeda selle sisaldus marjades enam kui 60 korda. Seetõttu tuleb süüa u 6 kg kuivatatud jõhvikaid, selleks, et saada sama kogus askorbiinhapet kui süües 100 g värskeid jõhvikaid.

4.17 Arvuta, mitu kg värskeid jõhvikaid on vaja, et toota 6 kg kuivatatud jõhvikaid. Värskete jõhvikate veesisaldus on 87% ja kuivatatud jõhvikate veesisaldus on 13%. Eelda, et kuivatusprotsessis esinevad ainult jõhvikate kuivamisest tulenevad massikaod. 4 p

Kuivatatud jõhvikates on 13% vett ja seega 100% − 13% = 87% kuivainet.
$m_{kuivaine}$ = 6 kg · 87% / 100% = 5,22 kg
Kuna kuivatamisel muutub jõhvikate mass ainult veesisalduse vähenemise tõttu, siis järelikult ka värsketes jõhvikates peab olema sama palju kuivainet, mis aga värskete jõhvikate massist moodustab vastavalt 100% − 87% = 13%. Teades seda, saame leida 6 kg kuivatatud jõhvikate tootmiseks vajaliku värskete jõhvikate massi:
$m_{värsked\ jõhvikad}$ = 5,22 kg · 100% / 13% ≈ **40 kg**

Lisaks askorbiinhappele leidub jõhvikates ka bensoehapet (C_6H_5COOH), millel on hallitus- ja pärmseente ning bakterite elutegevust pärssivad omadused. Seetõttu säilivad sügisel valminud jõhvikad väga kaua värskena − rabas matkates võib jõhvikaid süüa peaaegu aastaringselt. Maitseomadustelt ongi kõige paremad kevadel lume alt välja sulanud marjad, kuid säilitamiseks need marjad enam ei sobi. Säilitusmarjad korjatakse sügisel. Suurtes jõhvikakasvatustes ujutatakse selleks kogu "jõhvikapõld" veega üle. Marjade tiheduse tõttu tõusevad need veepinnale misjärel eemaldab marjakombain marjad varte küljest ja vabalt ujuvad marjad korjatakse kokku.

4.18 Milline peab olema marjade tihedus, et kasutada sellist saagikoristusmeetodit? Märgi õige vastus linnukesega "✔". 0,5 p

1. Marjade tihedus on suurem kui vee tihedus.	
2. Marjade ja vee tihedus on võrdsed.	
3. Marjade tihedus on vee tihedusest väiksem.	✔

4.19 Mis juhtub jõhvikate tihedusega nende külmumisel? Põhjenda. 1 p

Jõhvikate tihedus väheneb, sest marja mass ei muutu külmumisel, kuid marjas oleva vee jäätumisel marja ruumala suureneb.

Kuigi jõhvikatel on mitmeid kasulikke omadusi, peaksid inimesed, kel esineb probleeme maoga, piirama nende ja neist valmistatud toodete tarbimist. Üheks võimalikuks maoga seotud probleemiks on reflukshaigus, mille korral satub happeline maomahl söögitorru põhjustades kõrvetisi. Maomahla peamiseks komponendiks on vesinikkloriidhape (HCl). Koduste vahenditega saab kõrvetisi leevendada juues söögisooda ehk naatriumvesinikkarbonaadi ($NaHCO_3$) lahust.

Toimub järgnev reaktsioon: $HCl + NaHCO_3 \rightarrow NaCl + H_2O + CO_2$

4.20 Kuidas muutub maomahla pH, kui sellele lisatakse söögisooda lahust? Märgi õige vastus linnukesega "✔". 0,5 p

pH kasvab	✔	pH ei muutu		pH alaneb	

4.21 1 ml maomahlas on u 10^{-5} mol HCl. Mitu mooli $NaHCO_3$ kulub sellise koguse vesinikkloriidhappe neutraliseerimiseks? 0,5 p

Kuna HCl ja $NaHCO_3$ reageerivad suhtes 1:1, siis 10^{-5} mol HCl neutraliseerimiseks kulub **10^{-5} mol** $NaHCO_3$.

4.22 Arvuta alapunktis 4.21 leitud söögisooda mass grammides. *Kui sul ei õnnestunud eelmises alapunktis vastust leida, siis võta arvutustes $NaHCO_3$ koguseks $2 \cdot 10^{-5}$ mol.* 1,5 p

Selleks, et leida söögisooda massi, tuleb leida esmalt aine molaarmass:
$M(NaHCO_3)$ = 23 g/mol + 1 g/mol + 12 g/mol + 3 · 16 g/mol = 84 g/mol
Teades aine molaarmassi ja ainehulka, saame leida aine massi:
$m_{NaHCO3} = n \cdot M = 10^{-5}$ mol · 84 g/mol = **$8{,}4 \cdot 10^{-4}$ g**

4.23 Arvuta, mitu grammi 5,5%-list $NaHCO_3$ lahust kulub, et neutraliseerida 10^{-5} mol HCl. *Kui sul ei õnnestunud eelmises alapunktis vastust leida, siis võta arvutustes $NaHCO_3$ massiks $9{,}4 \cdot 10^{-4}$ g.* 1 p

Teades aine massi ja lahuse massiprotsendilist koostist, saame leida lahuse massi:
$m_{NaHCO3\ lahus} = 8{,}4 \cdot 10^{-4}$ g · 100% / 5,5% ≈ **0,015 g**

4.24 Arvuta punktis 4.23 leitud lahuse ruumala (ml), kui lahuse tihedus on 1,0 g/cm³. *Kui sul ei õnnestunud eelmises alapunktis vastust leida, siis võta arvutustes $NaHCO_3$ lahuse massiks 0,025 g.* 0,5 p

Teades lahuse tihedust ja massi, saame arvutada lahuse ruumala:
$V_{NaHCO3\ lahus} = m_{NaHCO3\ lahus} / \rho$ = 0,015 g / 1,0 g/cm³ = **0,015 ml**

Apteegis müüakse reflukshaiguse sümptomaatiliseks raviks ravimit Maalox, mis sisaldab toimeainetena alumiinium- ja magneesiumhüdroksiidi.

4.25 Tasakaalusta Maaloxi toimeainete ja vesinikkloriidhappe vahel toimuvate reaktsioonide võrrandid.

i) $Al(OH)_3 + HCl \rightarrow AlCl_3 + H_2O$
ii) $Mg(OH)_2 + HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2O$ **2 p**

i) $Al(OH)_3 + \mathbf{3}\ HCl \rightarrow AlCl_3 + \mathbf{3}\ H_2O$
ii) $Mg(OH)_2 + \mathbf{2}\ HCl \rightarrow MgCl_2 + \mathbf{2}\ H_2O$

Maaloxit müüakse nii suukaudselt manustatava suspensiooni kui ka närimistablettidena. 1 ml suukaudselt manustatavas suspensioonis on 40 mg $Al(OH)_3$ ja 35 mg $Mg(OH)_2$. Pakendi infolehel on märgitud, et ühekordse annusena tuleks kõrvetiste korral võtta 4,3 ml ravimit.

4.26 Arvuta, mitu mooli HCl neutraliseeritakse Maaloxi üksikannuse manustamisel? 7 p

Leiame, mitu mooli $Al(OH)_3$ ja mitu mooli $Mg(OH)_2$ on 4,3 ml Maaloxi suspensioonis:
$M(Al(OH)_3) = 27\ g/mol + 3 \cdot 16\ g/mol + 3 \cdot 1\ g/mol = 78\ g/mol = 78\ mg/mmol$
$n_{Al(OH)3_4,3\ ml} = m_{Al(OH)3_1\ ml} \cdot 4,3\ ml / M(Al(OH)_3)$
$n_{Al(OH)3_4,3\ ml} = 40\ mg/ml \cdot 4,3\ ml / 78\ mg/mmol \approx 2,21\ mmol$
$M(Mg(OH)_2) = 24\ g/mol + 2 \cdot 16\ g/mol + 2 \cdot 1\ g/mol = 58\ g/mol = 58\ mg/mmol$
$n_{Mg(OH)2_4,3\ ml} = m_{Mg(OH)2_1\ ml} \cdot 4,3\ ml / M(Mg(OH)_2)$
$n_{Mg(OH)2_4,3\ ml} = 35\ mg/ml \cdot 4,3\ ml / 58\ mg/mmol \approx 2,59\ mmol$
$Al(OH)_3$ reageerib HCl-iga suhtes 1:3 ja $Mg(OH)_2$ reageerib HCl-iga suhtes 1:2
Seega sellise koguse manustamisel saab neutraliseerida:
$n_{HCl_kokku} = n_{HCl_Al(OH)3} + n_{HCl_Mg(OH)2} = n_{Al(OH)3_4,3\ ml} \cdot 3 + n_{Mg(OH)2_4,3\ ml} \cdot 2 =$
$= 2,21\ mmol \cdot 3 + 2,59\ mmol \cdot 2 =$ **18,44 mmol**

4.27 Miks tuleb ravimeid, mida müüakse suspensioonina, enne tarvitamist loksutada? 1 p

Suspensioon on jämepihuse liik, kus tahke aine on pihustunud vedelikus. Seismisel võib pihustunud tahke aine aeglaselt settida. Ravimite puhul tähendaks see seda, et toimeaine pole enam ühtlaselt jaotunud, mistõttu ravimit manustades ei saada õiget toimeaine kogust.