



Eesti loodusteaduste olümpiaad

piirkonnavaor

Lahenduste komplekt

1. Silm (50,5 p)

Selles ülesandes uurid Sa silma keemilisi, bioloogilisi ja füüsikalisi omadusi. Ülesande esimeses pooles uurid nii silmade asetust eri loomadel kui ka mikroobe, kes silmas elavad. Saad teada, kuidas näeme värve ja varje, ning aitad Maial silmatilkasid valmistada. Ülesande teises pooles uurid silma mudelit, mis koosneb erinevatest kumerläätsedest ja ekraanist.

1.1 Imetajate silmad ja silmahaigused (28,5 p)

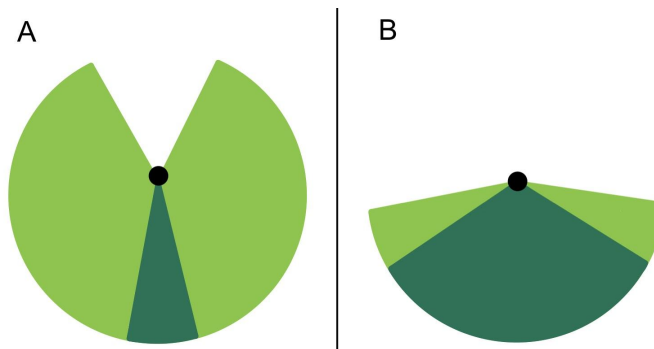
Evolutsiooni teel on imetajatel välja kujunenud kaks põhilist silmade asetuse tüüpi:

1. tüüpi asetus – silmad pea külgedel ja 2. tüüpi asetus – silmad pea eesosas.

1.1.1 Nimeta üks eelis, mille annab 1. tüüpi silmade asetus (pea külgedel)! (1 p)

Näide: Suurem vaateväli (teisi vastuseid aktsepteeritakse, kui on sobivad).

1.1.2 Nimeta üks eelis, mille annab 2. tüüpi silmade asetus (pea eesosas)! (1 p)



Joonis 1. Eri tüüpi silmade asetusega loomade vaateväljad.

Näide: Lihtsam fokuseerida ühele objektile, parem ruumiline nägemine.



1.1.3 Milline nendest tüüpidest kuulub kiskjale, milline saakloomale? Vii need kokku õige joonise osaga (vt joonis 1), tõmmates ringi ümber õige valiku! (2 p)

1. tüüpi asetus — joonise osa [A/B](#), kiskja/[saakloom](#)
2. tüüpi asetus — joonise osa [A/B](#), [kiskja](#)/[saakloom](#)

1.1.4 Mida tähistab joonisel 1 tumedam sektor? (1 p)

[Vaateväli, mida näeb mõlema silmaga / ruumilise nägemisega vaateväli](#)

1.1.5 Too neli näidet imetajatest, kelle silmad asetsevad pea külgedel! (2 p)

[Hirv, jänes, lammas, lehm, hobune, ...](#)

1.1.6 Too neli näidet imetajatest, kelle silmad asetsevad pea eesosas! (2 p)

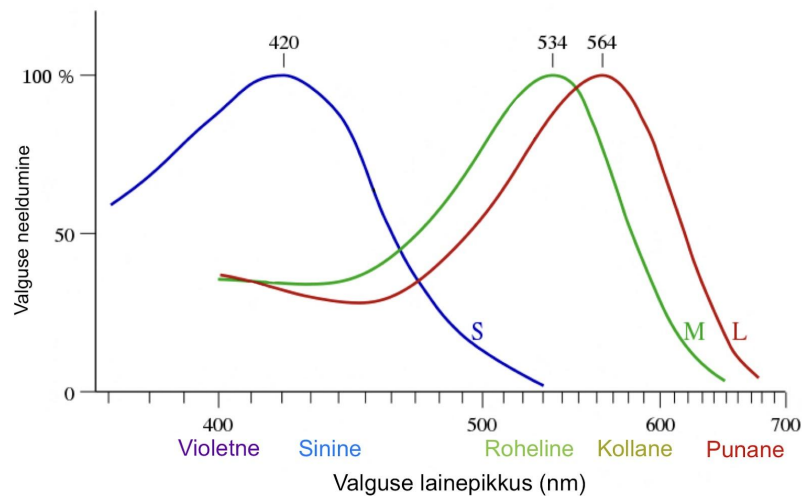
[Hunt, koer, kass, ilves, lõvi, ...](#)

Silma limaskestast põletik on levinud silmahaigus, mida täiskasvanutel põhjustavad üldjuhul viirused, harvemini bakterid. USAs kasutati limaskestast põletiku raviks aastatel 2001–2014 antibiootikume, mis ravivad ainult bakterite põhjustatud haiguseid. Teadlased uurisid tagantjärele, kuidas nende patsientide seisund muutus.

1.1.7 Otsusta, kas järgnevad laused selle uurimuse tulemuste kohta on tõesed (T) või väärad (V)! (2,5 p)

a)	Limaskestast põletik võis mõnel juhul saada ravitud.	T
b)	Antibiootikumid ei mõjutanud viiruse põhjustatud põletikku.	T
c)	Kuna silmas elavad alati bakterid, võis antibiootikumide kasutamine neile kahjulikult mõjuda.	T
d)	Limaskestast põletik sai enamikul juhtudest ravitud.	V
e)	Antibiootikumide kasutamine juhtudel, kus põletik polnud bakterite põhjustatud, võis soodustada uue nakkuse teket.	T

Eri värvuste nägemiseks on inimese silmas kolme eri tüüpi valgustundlikke rakke – kolvikesi. Neid liigitatakse ingliskeelsete terminite *short* (lühike), *medium* (keskmine) ja *long* (pikk) järgi vastavalt S-, M- ja L-kolvikesteks olenevalt sellest, kui suure lainepikkusega valgust nad tajuvad. Joonisel 2 on toodud nende kolme eri kolvikesi valgustundlikud piirkonnad.



Joonis 2. S-, M- ja L-kolvikeste valgustundlikud piirkonnad

Allikas: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cone-response-en.svg>

Erinevalt inimesest on enamusel imetajatest (nt kassil ja koeral) vaid kaht tüüpi kolvikesi: S- ja M-kolvikesed.

1.1.8 Millist värvust võrreldes inimestega on nendel loomadel kõige raskem eristada? (1 p)

Punast

1.1.9 Kuidas nimetatakse inimesi, kellel vähemalt üht tüüpi kolvikeste töö on häiritud? (1 p)

Värvipimedad

Osadel lindudel on neljandat tüüpi kolvikesed, mis võimaldavad neil tajuda lainepikkuseid, mis on vahemikus 100–380 nm.

1.1.10 Kuidas sellist kiirgust nimetatakse? (1 p)

UV-valgus / UV-kiirgus

Lisaks kolvikestele on loomadel nägemiseks ka teistsugused valgustundlikud rakud – kepikesed, mis sisaldavad pigmenti retinaal. Retinaal laguneb valguse käes ja taastub pimeduses – seetõttu töötavad kepikesed just halbades valgusoludes, aidates hämaras objekte eristada.

Retinaal sisaldab A-vitamiini, millela ta töötada ei suuda. Inimestel, kellel on A-vitamiini puudus, võib seega tekkida häire kepikeste töös. Vastava haiguse nimi on nüktaloopia ehk kanapimedus.



1.1.11 Kuidas saab inimene aru, et tal on kanapimedus? (1 p)

Ta ei suuda hämaras näha.

8. klassi õpilane Maia tahab kindlasti vältida kanapimeduse saamist ja üritab seega iga päev vajaliku koguse A-vitamiini kätte saada. 14-aastase või vanema naise (nagu Maia) päevane soovituslik kogus A-vitamiini on 700 µg. Maia teab, et tootes porgandites on 0,7 mg A-vitamiini 100 g porgandi kohta. Üks porgand kaalub umbes 120 g.

1.1.12 Mitu grammi porgandeid peab Maia sööma, et saada kätte oma päevane A-vitamiini kogus? (1,5 p)

700 µg = 0,7 mg

(0,7 mg/0,7 mg)*100 g=100 g

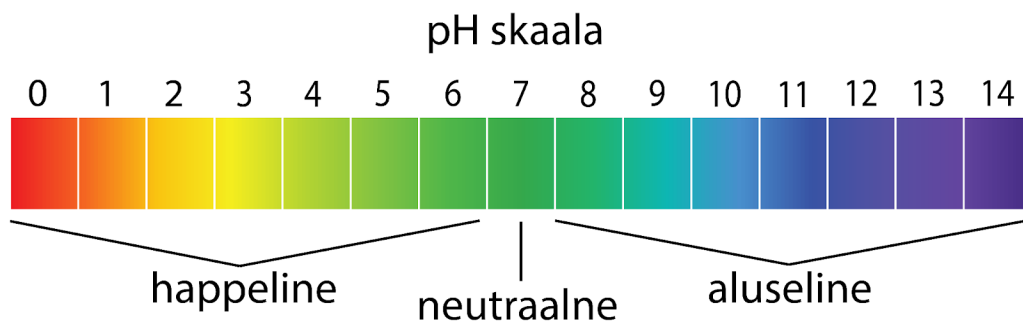
1.1.13 Mitu kilogrammi porgandeid peaks Maia ühes kuus sööma? (Arvesta, et 1 kuu = 30 päeva.) (1,5 p)

100 g*30=3000 g=3 kg

1.1.14 Mitu porgandit peaks Maia kuus sööma? (1 p)

3000 g/120 g=25 porgandit

pH väärtus iseloomustab vesinikioonide sisaldust keskkonnas. Selle järgi saab määratleda keskkonda happeliseks, neutraalseks või aluseliseks (vt joonis 3). Silma pH on vahemikus 7,0–7,3.



Joonis 3. pH skaala.

1.1.15 See tähendab, et silma keskkond on... (vali kõige õigem) (0,5 p)

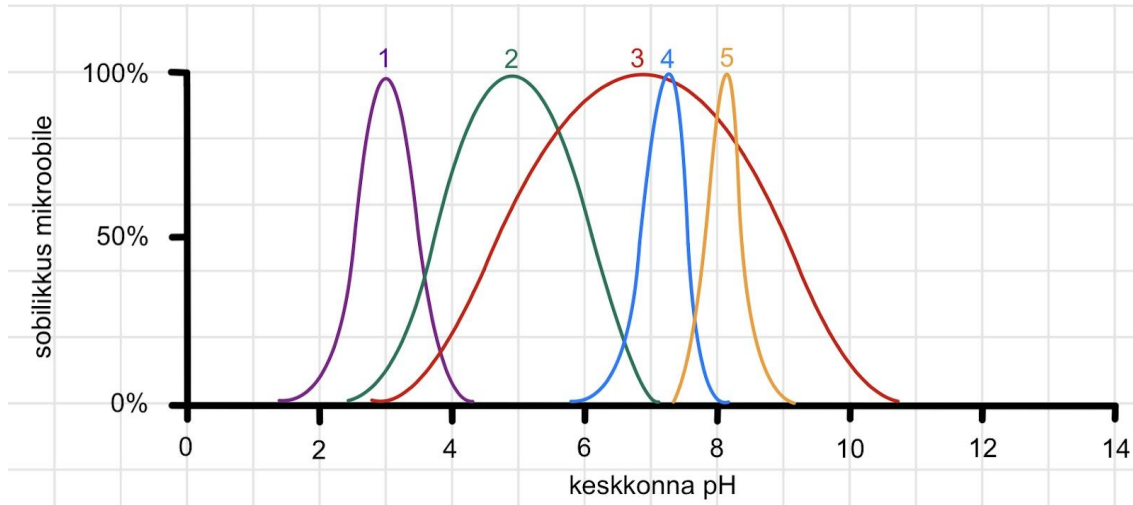
1) happeline.

2) neutraalne.

3) aluseline.



Alloleval joonisel on kujutatud erinevate pH väärtuste eluks sobilikkus erinevatele mikroobidele.



Joonis 4. Erinevate pH väärtuste sobilikkus erinevatele mikroobidele.

Joonisel 4 on mikroobid nummerdatud järgmiselt:

- 1 — *Saccharolobus solfataricus*
- 2 — *Lactobacillus acidophilus*
- 3 — *Staphylococcus aureus*
- 4 — *Corynebacterium xerosis*
- 5 — *Vibrio cholerae*

1.1.16 Milline/Millised neist mikroobidest võiks(id) joonise 4 järgi teoreetiliselt elada silmas? (2,5 p)

3 ja 4 (*Staphylococcus aureus* ja *Corynebacterium xerosis*)

Maia veedab palju aega arvuti taga ja tunneb, et tema silmad kalduvad pärast ekraani vaatamist kipitama ja torkima. Silmaarst soovitas Maial arvutiga töötades iga tunni järel kümme minutit silmi puhata ja kasutada niisutavaid silmatilku, sest ekraani vaadates pilgutame harvemini silmi ning silmad kipuvad seetõttu rohkem kuivama. Maia ostis apteegist niisutavad silmatilgad ja uuris nende koostist: põhikoostisosadeks olid destilleeritud vesi ja keedusool. Tulevikus raha säästmiseks otsustas Maia proovida valmistada ise täpselt kümne tilga jagu sarnast silmatilgalahust. Maia uuris välja, et tilgapudelit kasutades on ühe tilga ruumala 0,05 ml.



1.1.17 Mitu milliliitrit lahust on Maial sel juhul 10 tilga jaoks vaja? (0,5 p)

$10 \cdot 0,05 \text{ ml} = 0,5 \text{ ml}$

Maia otsustas, et nii väikest kogust on tüütu mõõta, ja valmistas hoopis 1 liitri jagu silmatilgalahust. Silmatilgalahuses on pakendi infolehe järgi 0,6% soola.

1.1.18 Mitu grammi soola on Maial vaja ühe liitri silmatilgalahuse valmistamiseks? (Silmatilgalahuse tiheduse võid lugeda võrdseks vee tihedusega.) (2,5 p)

$\rho(\text{vesi}) = 1 \text{ kg/l}$

$(0,6\%/100\%) \cdot 1 \text{ l} \cdot 1 \text{ kg/l} = 0,006 \text{ kg} = 6 \text{ g}$

1.1.19 Kui suure osa sellest lahusest peab Maia eraldama, et saada algselt soovitud 10 tilga jagu lahust? (1 p)

$0,5 \text{ ml} / 1000 \text{ ml} = 0,0005 = 0,05\% = 1/2000$ (kõik sarnased vastused sobivad)

1.1.20 Kas soovitaksid Maial kasutada kuivade silmade raviks kodus valmistatud tilku või apteegist ostetud tilku? Põhjenda! (2 p)

Maia peaks eelistama apteegist ostetud tilku. Võimalikud põhjendused:

- 1) Kodus ei ole võimalik tilku valmistada ega hoiustada steriilses keskkonnas.
- 2) Maia ei kasutanud ühtki säilitusainet, et ennetada tilkade riknemist.
- 3) Niisutavates tilkades on enamasti lisaks keedusoolale teisi koostisosi, mis aitavad pisarakilet stabiliseerida (nt hüaluroonhappe soolad, süsivesikud, vitamiinid, lipiidid), nii et puhas keedusoola lahus ei ole kuivade silmade raviks tõenäoliselt optimaalne lahendus.



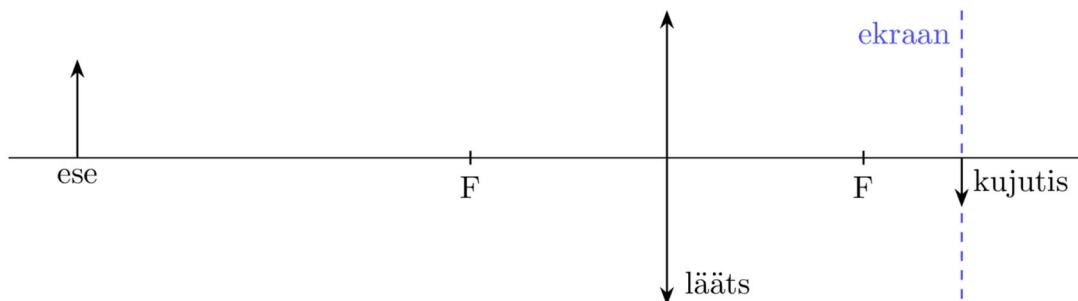
1.2 Silma optiline mudel (22 p)

Kõik selles ülesandes olevad läätsed on ideaalsed ja õhukesed.

Ülesande lahendamisel võivad tulla kasuks järgmised teadmised:

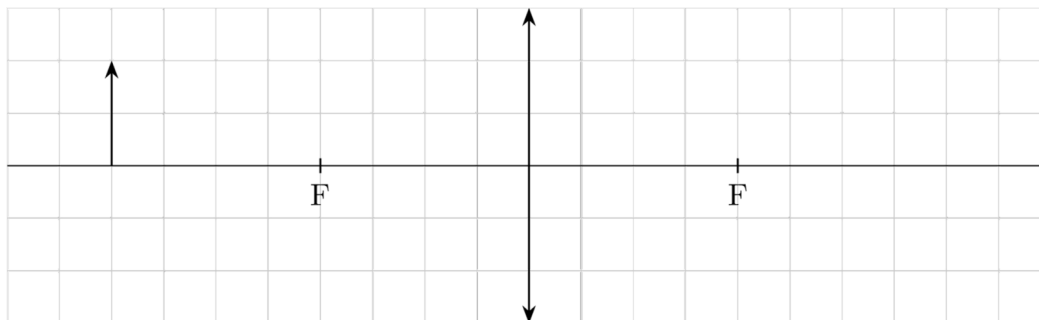
- Kumerlääts fookuskaugus f , eseme kaugus läätsest a ja kujutise kaugus läätsest k on omavahel seotud läätse valemiga: $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{k}$.
- Lääts optiline tugevus D ja läätse fookuskaugus on seotud valemiga $D = \frac{1}{f}$. Optilist tugevust mõõdetakse dioptriates (dpt), $1 \text{ dpt} = 1 \text{ m}^{-1}$.
- Paralleelsed kiired koonduvad pärast läätse läbimist fokaaltasandis (tasand, mis on risti optilise peateljega ja läätsest fookuskauguse kaugusel).

Selles ülesandes üldiselt kasutame lihtsa silma mudelina joonisel 5 kujutatud optilist skeemi. Joonisel on kujutatud kumerlääts (silmalääts), selle optiline peatelg ja fookused, ekraan (silmapõhi), ese ja selle kujutis.



Joonis 5. Silma mudeli optiline skeem.

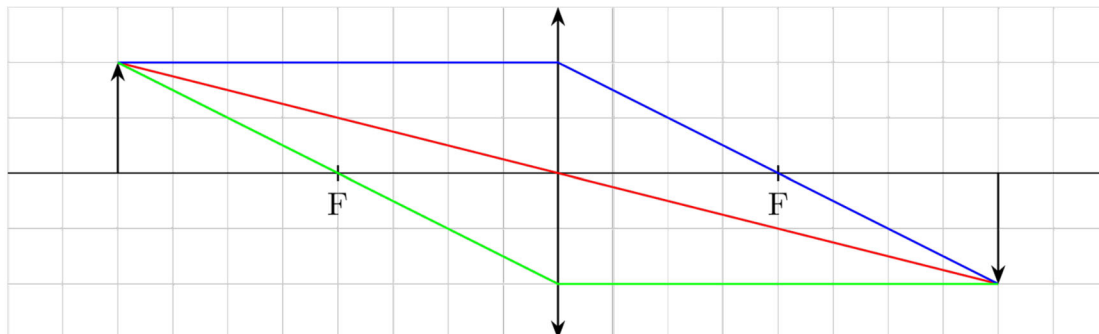
Joonisel 6 on kujutatud kumerlääts, selle fookused ja ese.



Joonis 6. Kumerlääts ja ese.



1.2.1 Konstrueeri vastavalt joonisele 6 kumerläätsse tekitatud eseme kujutis. (4 p)



Hästi töötava silma mudelis on kujutise kaugus läätsest alati sama, kuna kõik esemed on fookuses. See kaugus on ligikaudu $k = 2$ cm.

1.2.2 Arvuta, milline peaks olema läätsse fookuskaugus, kui

- a) ese on läätsest 8 cm kaugusel,
- b) ese on läätsest 38 cm kaugusel,
- c) ese on läätsest väga kaugel. (4 p)

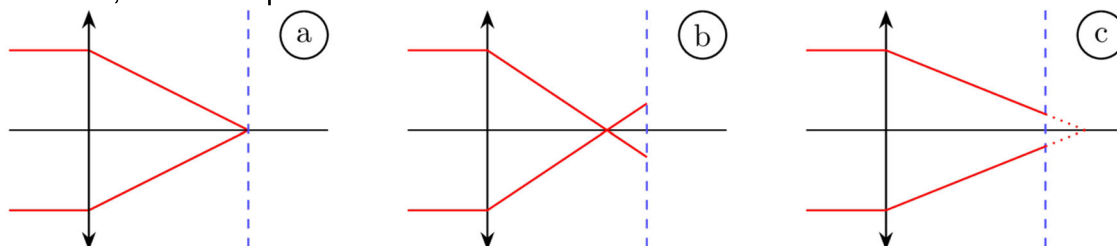
Fookuskaugus $f = 1/(1/a + 1/k)$.

a) $f = 1/(1/8 \text{ cm} + 1/2 \text{ cm}) = 1,6 \text{ cm}$

b) $f = 1/(1/38 \text{ cm} + 1/2 \text{ cm}) = 1,9 \text{ cm}$

c) Kuna ese on läätsest väga kaugel siis $1/a$ on väga väike. Seega $f \approx k = 2,0$ cm.

Joonisel 7 on kujutatud valguskiirte käik silma mudelis hea silmanägemise, kaugnägelikkuse (hüperoopia) ja lühinägelikkuse (müoopia) jaoks. Joonistel on eeldatud, et silm on puhkeasendis.

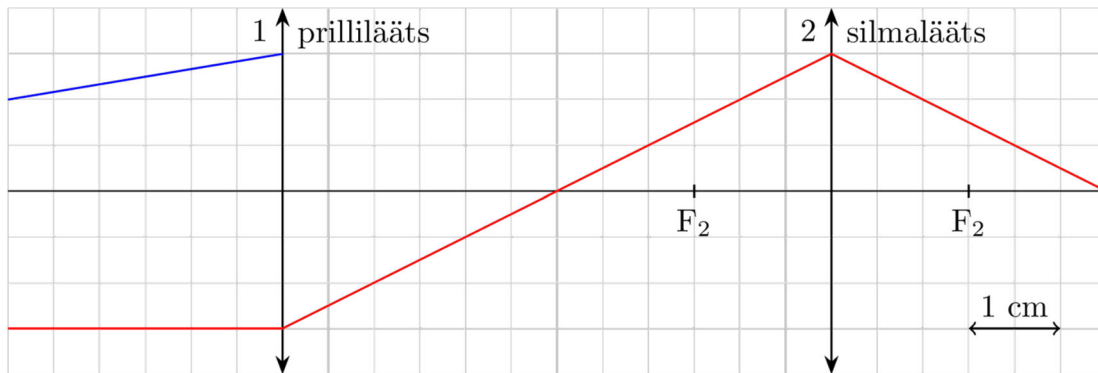


Joonis 7. Valguskiirte käik silma mudelis erinevate nägemiste korral.

1.2.3 Märgi igale joonise 7 alamosale (a, b, c) vastav nägemine (hea silmanägemine, kaugnägelikkus või lühinägelikkus). (3 p)

a	Hea silmanägemine
b	Lühinägelikkus
c	Kaugnägelikkus

Kaugnägelikkuse korrigeerimiseks saab kasutada prille. Lihtsustatult on kaugnägelikkuse korral kasutatavad prillid kumerläätsed. Joonisel 8 on kujutatud kaks kumerlääts (prillilääts ja silmalääts), silmalääts fookused ja osaline kiirte käik läätsedes.

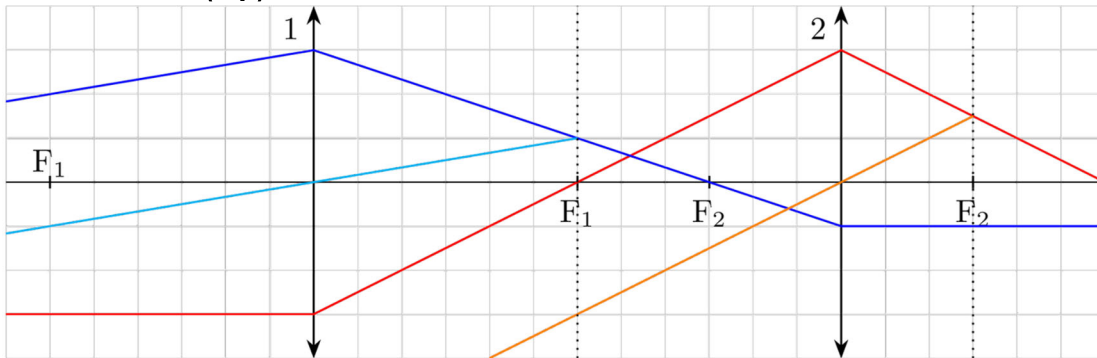


Joonis 8. Kiirte käik läätsedes.

1.2.4 a) Leia joonise 8 põhjal prilliläätse fookuskaugus. (2 p)

Jooniselt mõõtes saame, et $f=3 \text{ cm}=0,03 \text{ m}$.

b) Konstrueeri joonise 8 põhjal ülemise sinise kiire käik läbi mõlema läätses. (4 p)



1.2.5 a) Arvuta eelmises ülesandes olnud prilliläätse optiline tugevus. (2 p)

b) Kas selline optiline tugevus on realistlik prillide puhul? Põhjenda oma väidet. (1 p)

- a) 1.2.4 a) kohaselt $f=3 \text{ cm}=0,03 \text{ m}$. Seega $D=1/0,03 \text{ m} \approx 33,3 \text{ dpt}$.
b) Sellise optilise tugevusega prillid on teoreetiliselt võimalikud, kuid praktiliselt väga haruldased. Enamasti jääb kaugnägelikkuse puhul prillide (kumerläätsede) tugevus vahemikku 0 kuni 4 dpt. Lühinägelikkuse puhul kasutatakse nõgusläätsedest prille, nende tugevus jääb enamasti vahemikku 0 kuni -12 dpt.

Kumerläätsede puhul on erineval kaugusel olevate objektide kujutised samuti erinevatel kaugustel läätsesest. Silm siiski suudab fookuseerida erinevatel kaugustel olevaid objekte.

1.2.6 Selgita, kuidas on see võimalik. (2 p)

Silmalihaste abil on võimalik muuta silmaläätse kuju ja seega ka optilist tugevust. Erineva tugevusega läätsedega ongi võimalik näha eri kaugustel olevaid esemeid teravalt.



2. Golfi ja Põhja-Atlandi hoovused (31,5 p)

2.1 Golfi hoovuse suurus (11,5 p)

Golfi hoovus ja selle jätk, Põhja-Atlandi hoovus, on soojade hoovuste süsteemid Atlandi ookeani põhjaosas (joonis 9). Hoovus on suure koguse vee horisontaalne ja püsiv liikumine. Golfi hoovus on keskmiselt 100 km laiune, 1 km sügavune, ning transpordib suures koguses vett: näiteks läbi Florida väina on Golfi hoovuse vooluhulk 30 miljonit m³ sekundis. Et hoomata seda suurust, lahenda järgnevad ülesanded.



Joonis 9. Golfi ja Põhja-Atlandi hoovused.

Allikas (modifitseeritud): Praetorius, Nature **556**, 180-181 (2018)



2.1.1 Hinda tavalisest köögikraanist tuleva vee vooluhulka. Näita oma arvutus- ja arutluskäiku ning anna vastus ühikutes ml/s. (5 p)

Näide: $200 \text{ ml} / 2 \text{ s} = 100 \text{ ml/s}$ (vastus pole oluline, vaata hindamisskeemi)

Hindamisskeem: 2 punkti, kui on välja pakutud mõistlikud vahendid, mida kasutada arvutuseks: näiteks kasutatakse aega, mis kulub, et täita klaas veega. 2 punkti, kui nendele on pakutud välja mõistlikud suurused (200 ml ja umbes 2 sekundit). 1 punkt, kui on tehtud õige arvutus nende arvudega.

2.1.2 Mitu korda on Golfi hoovuse vooluhulk suurem kraanist tuleva vee vooluhulgast? Juhul, kui Sul jäi eelmine küsimus vastamata, siis kasuta kraanist tuleva vee vooluhulga jaoks suvalist arvu. (2 p)

$30 \text{ miljonit m}^3 = 30 \cdot 10^6 \text{ m}^3 = 30 \cdot 10^6 \cdot 10^6 \text{ ml} = 3 \cdot 10^{13} \text{ ml}$

$3 \cdot 10^{13} \text{ ml/s} / (100 \text{ ml/s}) = 3 \cdot 10^{11} \text{ korda suurem}$

2.1.3 Hoovuseid nimetatakse tihti suurteks "jõgedeks" ookeanis. Kõikide Atlandi ookeanisse suubuvate jõgede vooluhulk on kokku 0,6 miljonit m^3/s . Mitu protsenti moodustab see Golfi hoovuse vooluhulgast? (1 p)

$0,6/30 \cdot 100\% = 2\%$

Lisaks suurele vooluhulgale on Golfi hoovuse vool ka väga kiire. 18. sajandil pani ameerika teadlane ja poliitik Benjamin Franklin tähele, et Atlandi ookeani ületamine võttis postilaevadel (laevad, mis toimetavad kirju) lausa kaks nädalat rohkem aega kui kaubalaevadel. Tuli välja, et selle põhjuseks oli postilaevade komme piki hoovust vastassuunas sõita, samas kui kaubalaevad sõitsid hoovusest üle, et see nende liikumist ei aeglustaks.

2.1.4 Otsusta joonise 9 põhjal, kummas suunas sõites see probleem laevadel esines:

a. New Yorgist Londonisse sõites

b. Londonist New Yorki sõites. (1 p)

2.1.5 Kui istuda New Yorgi lähedal Golfi hoovuses parve peale, mis liigub hoovusega kaasa, siis mitu päeva kuluks, et jõuda ~5000 km kaugusele Londonisse? (2,5 p)

$5000 \text{ km} = 5\,000\,000 \text{ m}$

Võtame vee kiiruseks näiteks $2,5 \text{ m/s}$ (ka teisi kiirusi aktsepteeritakse, kui vähegi realistlikus vahemikus, hinnatakse arvutust, mitte täpset kiirust).

$5\,000\,000 \text{ m} / (2,5 \text{ m/s}) = 2\,000\,000 \text{ s} = 556 \text{ h} = 23 \text{ päeva}$.

õige tehe (teepikkus/kiirus = aeg) 1 punkt, ühikuteisendus 1 punkt, korrektne arvutus 0,5 punkti.



2.2 Elustik Golfi hoovuses (7,5 p)

Golfi hoovuses elab kalaliik harilik tuun (*Thunnus thynnus*) (vt joonis 10). Emased tuunid koevad oma munarakud ehk marja Mehhiko lahte, kust nii vastsed kui ka täiskasvanud peagi edasi Golfi hoovusesse liiguvad. Täiskasvanud tuunid on keskmiselt 2–2,5 meetri pikkused ja kaaluvad 225–250 kg. Oma suure keha toitmiseks jahivad tuunid väiksemaid kalu, nad on oma toiduahela tippkiskjad. Avameres aga ei leidu kuigi palju toitu ning seetõttu peavad tuunid strateegiliselt ringi liikuma, et saaki leida. Meres kiiresti ja õiges suunas liikumiseks ning saagi püüdmiseks on tuunidel mitmeid kohastumusi.



Joonis 10. Harilik tuun. Foto autor: Takashi Hososhima

2.2.1 Otsusta, kas järgnevad väited on tõesed (T) või väärad (V)! (2 p)

a.	Tuunide haistmismeel on kõrgelt arenenud.	T
b.	Tuunide suur kehamass aitab neil vee all püsida.	V
c.	Tuunide keha ei ole voolujooneline, sest nende suur lihasmass võimaldab neil ilma selletagi kiiresti liikuda.	V
d.	Tuunide küljejoon tunnetab saakloomade tekitatud vibratsioone vees.	T

Loomade lihased sisaldavad müoglobiini: punast pigmenti, millel on tugev hapnikusidumise võime. Müoglobiinitase on eriti kõrge lihastes, mille ülesanne on pikka aega järjepidevalt töötada. Hariliku tuuni lihastes võib olla isegi kuni 10 korda rohkem müoglobiini kui teiste kalade lihastes.

2.2.2 Miks on tuuni lihastes rohkem müoglobiini võrreldes teiste kaladega? (1 p)

Nad on pikamaaujud, rännates pikki vahemaid Atlandi ookeanis.



2.2.3 Otsusta, kumb foto (A või B) kujutab harilikku tuuni. (1 p)



Autor: Wikipedia kasutaja Ratki

A



Allikas: Northsea Singapore

B

Golfi hoovuses hulbivad arvukad elusorganismid. Toiduahela esimeseks lüliks on seal erinevad fotosünteesivad taimhõljumi ehk fütoplanktoni liigid. Neil on eluks vaja nii päikesevalgust kui ka toitaineid. Need tingimused on enamasti täidetud footilises tsoonis – pinnalähedases umbes 100 meetri paksuses veekihis.

2.2.4 Tõmba igas väites õigele variandile ring ümber. (2,5 p)

- a) Kui fütoplanktoni osake vajub footilisest tsoonist madalamale, siis see sureb **päikesevalguse/toitainete** puuduse tõttu.
- b) Organism hulbib, kui selle tihedus on ümbritseva vee tihedusega võrdne või sellest **suurem/väiksem**.
- c) Mitmed planktoni organismid on võimelised oma tihedust reguleerima, näiteks võivad nad toota väikse tilga õli, mis **vähendab/suurendab** nende kogutihedust.
- d) Teistel organismidel on aga kohastumusi, et suurendada organismi ja vee molekulide vahelist hõõrdumist ning seeläbi **vähendada/suurendada** uppumise võimalikkust.
- e) Üheks näiteks on kehast välja ulatuvad jätked, mis suurendavad nende keha **pindala/tihedust**.

Golfi hoovuse aluses merepõhjas elavad ka korallid *Primnoa resedaeformis*. Need korallid on võimelised väga tugevalt kinnituma kivisele merepõhjale, mis võimaldab neil vaatamata hoovuse suurele kiirusele ellu jääda. Korallid toituvad planktoniosakestest, kes nende filtritesse kinni jäävad.

2.2.5 Miks on *Primnoa* korallidel kasulik elada Golfi hoovuses? (1 p)

Rohkem toitu hõljub mööda.

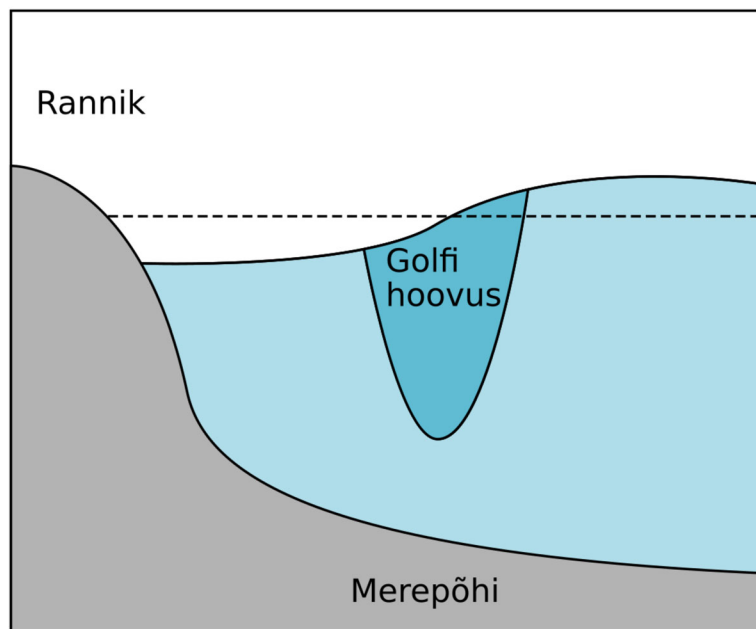


2.3 Kliima ja Golfi hoovus (12,5 p)

Kliima muutumine mõjutab Golfi hoovust ning ka vastupidi – Golfi hoovus mõjutab kliimat.

Coriolisi efekt on Maa pöörlemise tõttu esinev nähtus, kus kõikidele liikuvatele kehadele mõjub liikumissuunaga risti olev jõud. Seetõttu kalduvad maakera põhjapoolkeral kõik liikuvad kehad oma liikumissuuna suhtes paremale, lõunapoolkeral vasakule. Näiteks on liikuva rongi vagun põhjapoolkeral tagant vaadates natuke paremale poole viltu ja jõgedel kulutab vesi rohkem paremat kallast. Coriolisi efekt mängib nähtavat rolli siis, kui vaatame suuri vahemaid läbivaid kehasid. Kuna Golfi hoovuses liigub suur mass vett tuhandeid kilomeetreid põhjasuunas, mõjutab Coriolisi efekt ka seda veemassi.

Seetõttu pole mõnel pool ranniku lähedal veetaseme ühtlane ning Golfi hoovuse kohale tekib rannikuga paralleelne veevall (joonis 11).



*Joonis 11. Golfi hoovuse ristlõige ja veetaseme jaotus ranniku lähedal.
Katkendjoonega on näidatud veetaseme juhul, kui Golfi hoovust ei eksisteeriks.
(Joonisel on veetaseme erinevused näidatud tegelikust skaalast palju suuremana.)*



2.3.1 Kui Golfi hoovus peaks mingil põhjusel (näiteks kliimamuutuste tõttu) nõrgenema, siis kas joonisel märgitud rannikul veetase langeb, tõuseb või jääb muutumatuks? Põhjenda! (2 p)

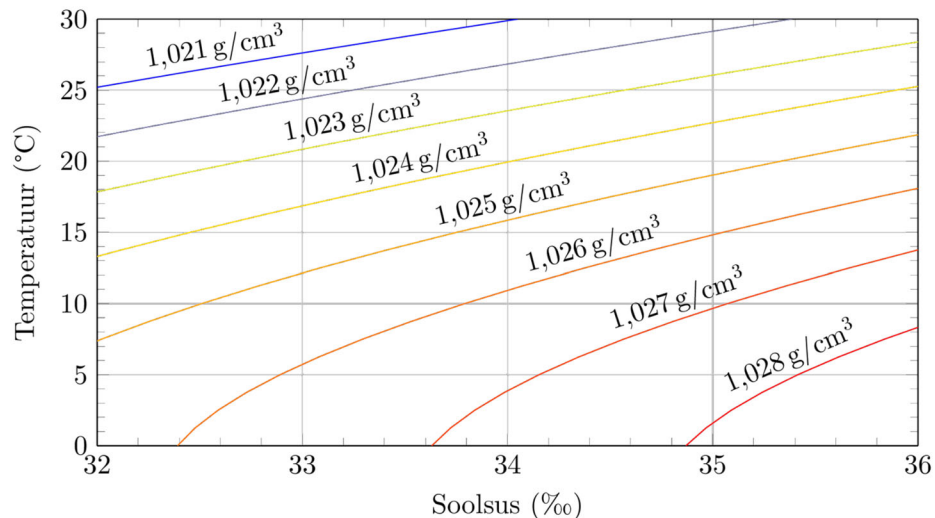
Tõuseb. Jooniselt on näha, et kui Golfi hoovus täiesti ära kaoks, siis oleks veetase USA idarannikul kõrgem kui praegu. Seega, kui Golfi hoovus nõrgeneb, siis saavutaks veetase rannikul kahele juhule vahepealse kõrguse, mis on praeguse olukorraga võrreldes kõrgem.

2.3.2 Otsusta, millise rannikuga on joonisel märgitud ranniku puhul tegu: (1 p)

- a) USA idarannik
- b) Briti saarte läänerannik
- c) Islandi läänerannik

Paiknemise alusel jagatakse hoovused pinna- ja süvahoovusteks. Hoovuseid hoiavad ringluses tuuled ning merevee temperatuuride ja soolsuse ebaühtlane jaotumine. Ekvaatori lähedal suurendab aurustumine vee soolsust. Pooluste suunas liikudes vesi jahtub ning pooluste läheduses külmub osa vett (magedaks) jääks, mis veelgi suurendab jääaluse vee soolsust. Vesi muutub tihedamaks ja raskemaks ning vajub alla. Ookeani põhja mööda voolab vesi tagasi ekvaatori poole, seguneb teiste veekihtidega ja kerkib soojemates piirkondades taas üles.

Merevesi kujutab endast erinevate soolade lahust vees, milles esinevad koos puhta vee molekulid ja meresoolade ioonid. Merevee soolsus, tihedus ja temperatuur on omavahel tihedalt seotud (joonis 12).



Joonis 12. Seos merevee soolsuse, temperatuuri ja tiheduse vahel. Samatihedusjooned näitavad, et antud joone kõigis punktides on merevee tihedus sama, ehkki soolsus ja temperatuur muutuvad.



2.3.3 Hinda graafikult (joonis 12), kuidas muutub püsiva soolsusega merevee tihedus, kui vee temperatuur langeb. (1 p)

- a. Merevee tihedus kahaneb vee jahtudes,
- b. Merevee tihedus kasvab vee jahtudes.
- c. Merevee tihedus ei sõltu vee temperatuurist.

2.3.4 Leia graafikult (joonis 12), kuidas muutub merevee tihedus, kui vesi soolsusega 35‰ lähtub soojast Mehhiko lahest temperatuuriga 26 °C ning liigub Golfi ja Põhja-Atlandi hoovusega arktilistele aladele, kuhu jõudes jahtub temperatuurini 2 °C (2 p)

Piirkond	Merevee temperatuur	Merevee (soolsusega 35‰) tihedus, g/cm ³
Mehhiko laht	26 °C	1,023
Arktika	2 °C	1,028

Kliima soojenemine põhjustab Arktikas jää sulamist ja mage sulamisvesi satub ookeani. Põhja-Atlandi hoovusega kantava merevee soolsus Arktikas on 34,9‰. Jää sulamise tõttu lisandub merevee ülemisse kihti magedat vett, nii et igas kilogrammis ülemise kihi vees on nüüd on nüüd 3,36% meresoolasid.

Leia, kuidas muutuvad ülemise veekihi soolsus ja tihedus sulamisvee lisandumisel.

2.3.5 Arvuta merevee soolsus promillides pärast sulamisvee lisandumist. (1 p)

3,36‰ = 33,6‰

2.3.6 Leia graafikult (joonis 12), kui suur oli merevee ligikaudne tihedus 0 °C juures enne ja pärast soolsuse muutumist sulamisvee lisandumise tõttu. (2 p)

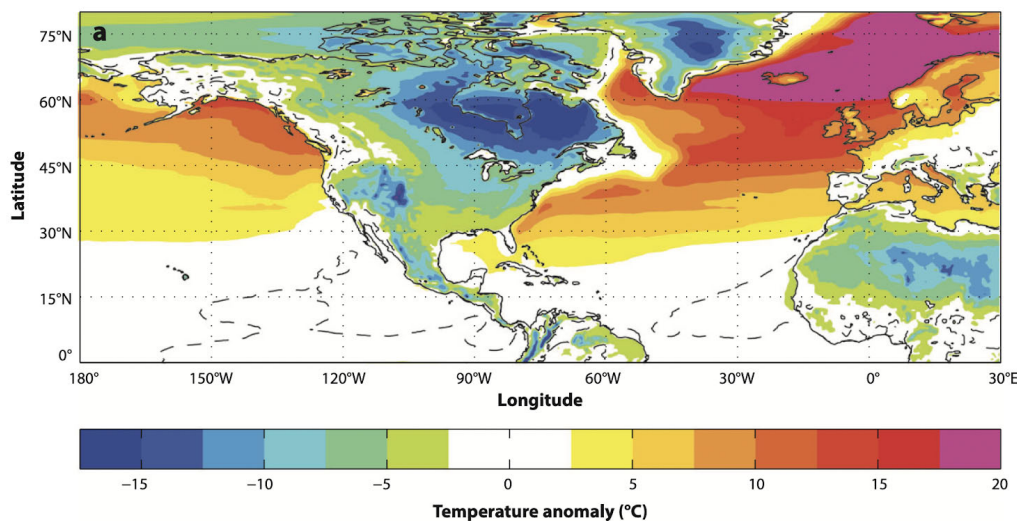
	Merevee tihedus 0 °C juures, g/cm ³
Enne sulavee lisandumist	1,028
Pärast sulavee lisandumist	1,027



2.3.7 Tee järeldused jää sulamise mõju kohta, tõmmates õigetele väidetele ringid ümber! (1,5 p)

- a) Sulaveega segatud merevee ülemine kiht on **raskem** / **kergem** kui alumised merevee kihid.
- b) Seetõttu jää sulamine **soodustab** / **takistab** ülemiste veekihtide sukeldumist.
- c) Jää sulamine arktilises piirkonnas **tugevdab** / **nõrgendab** Golfi ja Põhja-Atlandi hoovuse ringlust.

Golfi hoovus toob lõunast Euroopa poole sooja vett, mis mõjutab Euroopa kliimat. Kliimasüsteemid on aga ülimalt kompleksed ning on väga keeruline öelda, milline nähtus on teise põhjustatud. Joonisel 13 on näidatud pinnatemperatuuride erinevused ehk anomaaliad võrreldes vastava laiuskraadi keskmise temperatuuriga.



Joonis 13. Jaanuarikuu pinnatemperatuuride erinevused võrreldes laiuskraadi keskmise temperatuuriga. "Longitude": pikkuskraad, "latitude": laiuskraad, "temperature anomaly": temperatuuride anomaalia.

Allikas: Palter, Annual Review of Marine Science 2015 7:1, 113-137

2.3.8 Otsusta iga väite kohta, kas see on tõene (T) või väär (V). (2 p)

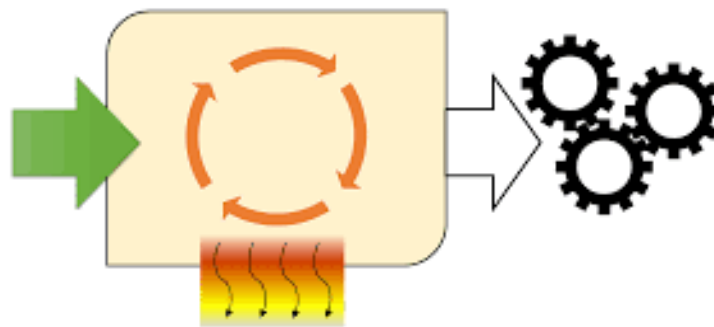
a. Põhjapoolkeral on põhja pool maa- ja veepinna temperatuur kõrgem kui lõuna pool.	V
b. Islandi ümbruses on võrreldes laiuskraadi keskmise temperatuuriga temperatuur üle 15 kraadi kõrgem.	T
c. Golfi hoovus toob sooja vett isegi Kanada läänerannikule.	V
d. Lääne-Euroopa kliima on täielikult kujundatud Põhja-Atlandi hoovuse poolt.	V



3. Energia teisenemine (43.5 p)

3.1 Energia muundumine protsessides ja seadmetes (11 p)

Energia on füüsikaline suurus, mis iseloomustab võimet teha tööd. Energia kandub ühest süsteemist teise ja võib muunduda ühest liigist teise. Energia ei teki ega kao – süsteemi siseenergia muutus pluss väljunud energia on võrdne süsteemi sisenenud energiaga. Energia ülekandel kasuliku energia hulk siiski väheneb, sest muundumisel tekib alati ka soojusenergiat, mis antakse üle ümbritsevale keskkonnale, kus ta hajub (vt joonis 14). Energia ülekande efektiivsust väljendab kasutegur, mis näitab süsteemist saadava kasuliku energia suhet süsteemi sisenenud energiasse (protsentides).



Joonis 14. Energia muundumise efektiivsus (illustratsioon).

Allikas: Itzhak Baum, https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_conversion_efficiency.

Samaliigiliste seadmete kasutegurid kõiguvad üsna palju, kusjuures madalamad väärtused iseloomustavad laialt kasutuses olevaid tehnoloogilisi lahendusi ning kõrgeimad kasutegurid kõige innovaativsemate tehnoloogiate.



3.1.1 Otsusta sisend- ja väljundenergia liikide ning kasutegurite põhjal, millistes protsessides selline energia muundumine aset leiab. Täida järgnev tabel, valides igal real oleva kirjeldusega sobiv protsess või seade sellele järgnevast nimekirjast. **(11 p)**

Nr	ENERGIA TEISENEMISE KIRJELDUS			PROTSESS VÕI SEADE
	Süsteemi sisenev või selles sisalduv energialiik	Väljundis saadav kasulik energialiik	Kasutegur, %	
1.	päikesekiirgus	elektrienergia	15–40%	Päikesepaneel
2.	mootorkütuse keemiline energia	mehhaaniline (kineetiline) energia	10–50%	Sisepõlemismootor
3.	elektrienergia	mehhaaniline (kineetiline) energia	70–99%	Elektrimootor
4.	vee potentsiaalne energia	elektrienergia	kuni 95%	Hüdroelektrijaam
5.	kütuse keemiline energia	soojus ja elektrienergia	*39%	Fossiilkütusel soojuselektrijaam
6.	Kütuse molekulide keemiline energia	elektrienergia	40–60%	Keemiline kütuseelement
7.	elektrienergia	molekulide keemiline energia	50–70%	Vee elektrolüüs
8.	õhu kineetiline energia	elektrienergia	25–50%	Tuulegeneraator
9.	päikesekiirgus	organismide (näiteks roheliste taimede) keemiline energia	0,1–2%	Fotosüntees
10.	elusorganismide keemiline energia	mehhaaniline (kineetiline) energia	14–27%	Lihaste töö
11.	Koostisainete keemiline energia	elektrienergia	80–90%	Energia salvestamine Li-ioon akupatareis

* maailma keskmine kasutegur

Energia muundavad protsessid ja seadmed	
Keemiline kütuseelement	Hüdroelektrijaam
Elektrimootor	Sisepõlemismootor
Fotosüntees	Lihaste töö
Fossiilkütusel soojuselektrijaam	Energia salvestamine Li-ioon akupatareis
Tuulegeneraator	Päikesepaneel
Vee elektrolüüs	



3.2 Energia ülekanne toiduahelas (32.5 p)

Elusorganismide vahel toimuvat energia ülekannet aitab kujutada toiduahel, kuigi see on väga lihtsustatud skeem, mis ei kirjelda täielikult looduslikus keskkonnas toimuvaid energia ülekandeid. Energia ülekandel troofiliste tasemete vahel kasuliku energia hulk aga väheneb – iga järgnev troofiline tase talletab ligikaudu 10% eelneva taseme energiast ja ka biomassist. Lahenda allpool olevad ülesanded toiduahela kohta.

3.2.1 Üksikul saarel asub üks järv, milles elavad haug, särg, vetikas ja vesikirp ning järvest käib toitu otsimas saarmas. **Koosta nendest organismidest toiduahel – kirjuta igasse kasti organismi nimetus ning ühenda kastid nooltega! (3 p)**



3.2.2 Mitu saarmast saab elada üksikul saarel, kui järves kasvavate vetikate biomass on 200 tonni? Eelda, et üks saarmas kaalub 8 kg ja eelmises alaülesandes koostatud toiduahel kirjeldab nende organismide ainukesi võimalikke toiduallikaid sellel saarel. **(3,5 p)**

200 t=200 000 kg
Iga järgmise troofilise taseme biomass on u 10% eelmise taseme biomassist (välja toodud ülesande sissejuhatuses)
vesikirpude biomass on 200 000kg x 0,1=20 000 kg
särgede biomass on 20 000 kg x 0,1=2000 kg
haugide biomass on 2000 kg x 0,1=200 kg
Saarmaste biomass saab olla 200 kg x 0,1=20 kg
20/8=2,5 ehk 2 saarmast

3.2.3 Märki iga tunnuse taha organism toiduahelast, keda see tunnus kirjeldab! (3 p)

Tunnus	Organism
a) Võib olla ainurakne organism	Vetikas
b) Püsisoojane organism	Saarmas
c) Keha toestab välisskelett	Vesikirp
d) Moodustab parvi	Särg
e) Rakku ümbritseb tselluloosist rakukest	Vetikas
f) Liigisiselt on levinud kannibalism	Haug



- 3.2.4** Üksikule saarele satub hädaline, kes muretseb, et järvevesi võib sisaldada mürkaineid. **Kas hädaline peaks toiduallikana eelistama särge või haugi? Miks? (2 p)**

Peaks eelistama särge, kuna mida kõrgema taseme kiskjaga on tegemist, seda rohkem jääkaineid organismi koguneb.

- 3.2.5** Hädalisel oli üksikule saarele jõudes kaasas 300 g halvaad. Kui 100 g seda halvaad annab energiat 480 kilokalorit (kcal), siis kui suure osa (%) oma päevasest energiavajadusest (2000 kcal) saaks ta kaasa võetud halvaa ärasöömisel? (2 p)

300 g halvaad annab $300 \text{ g} / 100 \text{ g} = 3$ korda rohkem energiat kui 100 g halvaad, seega annab antud halvaa kogus $3 * 480 \text{ kcal} = 1440 \text{ kcal}$. Päevasest energiavajadusest moodustab see $1440 \text{ kcal} / 2000 \text{ kcal} * 100\% = 72\%$.

- 3.2.6** Mitu g kala peaks hädaline püüdma, et saada sama kogus energiat, kui on 100 g halvaas? Eelda, et 100 g püütud kala annab energiat 85 kcal ja pool püütud kala massist moodustab söögikõlbmatu osa. (3 p)

100 g halvaast saab 480 kcal, seega on vaja sama koguse energia saamiseks $480 \text{ kcal} / 85 \text{ kcal} = 5,65$ korda rohkem söögikõlblikku kala kui halvaad. $5,65 * 100 \text{ g} = 565 \text{ g}$ söögikõlblikku kala. Kuna ainult pool püütud kala massist on söögikõlblik, siis on vaja püüda $565 \text{ g} : 0,5 = 1130 \text{ g} \approx 1100 \text{ g}$ kala.

Loomad (sh inimene) saavad toiduenergia järgmistest põhitaitainetest: rasvad, süsivesikud (sahhariidid) ja valgud. 1 g rasvu annab 9 kcal ning 1 g nii süsivesikuid kui valke annab 4 kcal.

- 3.2.7** Kui hädalisel oleks üksikule saarele jõudes olnud selle halvaa asemel kaasas sama mass piimašokolaadi, kas ta oleks saanud sellest rohkem või vähem energiat kui halvaast? Näita seda arvutustega, arvestades, et 100 g piimašokolaadis sisaldub 33 g rasva, 50 g süsivesikuid ja 10 g valku. (3 p)

100 g piimašokolaadi annab $33 \text{ g} * 9 \text{ kcal/g} + 50 \text{ g} * 4 \text{ kcal/g} + 10 \text{ g} * 4 \text{ kcal/g} = 537 \text{ kcal} \approx 540 \text{ kcal}$. Hädaline oleks saanud piimašokolaadist (veidi) rohkem energiat kui halvaast.

Kogu toidu keemiline energia pärineb kaudselt fotosünteesi käigus salvestatud päikeseenergiast. Järgmine (tasakaalustamata) reaktsioonivõrrand kirjeldab lihtsustatult fotosünteesi, mille käigus tekib energiarikas süsivesik (glükoos, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$):





3.2.8 Kirjuta fotosünteesi reaktsiooni lähteainete ja saadusainete valemid. (1 p)

Lähtaine(te) valem(id)	Saadusaine(te) valem(id)
$\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6, \text{O}_2$

3.2.9 Anna järgmistele ainetele nimetused. (1,5 p)

Aine valem	Aine nimetus
CO_2	Süsinikdioksiid (süsihappegaas)
H_2O	Vesi (divesinikoksiid)
O_2	Hapnik

3.2.10 Milline fotosünteesi võrrandis esitatud aine on lihtaine? Kirjuta selle valem. (0,5 p)

O_2

3.2.11 Tasakaalusta fotosünteesi võrrand. (3 p)



3.2.12 Mitu glükoosi molekuli saab maksimaalselt tekkida, kui reaktsioonis osaleb 120 CO_2 molekuli? (1 p)

1 glükoosi molekuli tekkimiseks kulub 6 CO_2 molekuli, seega tekib $120 / 6 = 20$ glükoosi molekuli.

3.2.13 Mitu kilodžauli energiat on salvestunud üksiku saare järve vetikatesse (massiga 200 tonni), kui 100 g vetikatesse on salvestunud 70 kcal ja 1 kcal = 4,18 kJ? (4 p)

Järve vetikate mass on 200 tonni = $200 \text{ tonni} \cdot 1000 \text{ kg} / 1 \text{ tonn} \cdot 1000 \text{ g} / 1 \text{ kg}$
=
 $200\,000\,000 \text{ g} = 2 \cdot 10^8 \text{ g}$
1 g vetikaid annab energiat $70 \text{ kcal} / 100 \text{ g} = 0,7 \text{ kcal/g}$
200 tonni vetikaid annab seega energiat $2 \cdot 10^8 \text{ g} \cdot 0,7 \text{ kcal/g} = 1,4 \cdot 10^8 \text{ kcal} =$
 $5,852 \cdot 10^8 \text{ kJ} \approx 6 \cdot 10^8 \text{ kJ}$

3.2.14 Fotosünteesil glükoosi molekulidesse salvestatud energia vabaneb elusorganismides hingamise käigus ja leiab kasutamist rakkudes vajalike reaktsioonide läbiviimiseks. Kirjuta tasakaalustatud reaktsioonivõrrand, mis kirjeldab glükoosi ärareageerimist hingamisel. (2 p)

