

Bioloogia I kursus  
gümnaasiumile:

## **RAKUD JA ORGANISMID**

Margus Vilbas, Karolin Mäe

## Hea õpilane!

Hoiad käes kaaslast, mis aitab sul navigeerida bioloogia mitmekesisel maailmas – elu pisematest elementidest komplekssete kooslusteni. Käesolevast õpikust leiad lisaks sisulisele osale tööriistad iseseisva teadustöö tegemiseks, huvitavaid arutelu-küsimusi, terminite seletusi ning iga peatüki lõpus saad oma teadmisi proovile panna.

Elame murrangulisel ajal: teadus ja tehnoloogia arenevad plahvatuslikult, aga samas seisame silmitsi tohutute ökoloogiliste väljakutsetega, nagu bioloogilise mitmekesisuse vähenemine ning kliima soojenemine. Inimene on osa probleemist, aga ühtlasi osa lahendusest. Ei möödu ainsatki päeva, mil sa ei mõjutaks maailma oma ümber. Iga sinu otsus jätab ümbritsevale keskkonnale jälje. Milline see jälg saab olema, on suuresti sinu enda teha. Omandades põhjalikumaid teadmisi bioloogiast, oskad kaasa rääkida meie liigi jätkusuutlikkuse teemal. Või saad sina hoopis selleks, kes valmistab ette elu mõnel teisel planeedil.

Loodetavasti aitab meie õpik sul paremini aru saada bioloogilistest protsessidest, mis mõjutavad kogu elusloodust, kaasa arvatud sind ennast!

Toredat avastamist!

Karolin ja Margus

# Sisukord

<b>1. Bioloogia – teadus elust</b>	<b>4</b>
Sissejuhatus teadusesse	6
1.1. Elu tunnused	6
1.2. Elu organiseerituse tasemed	16
1.3. Loodusteaduslik uurimismeetod	20
1.4. Uurimistöö tüübid	30
<b>2. Organismide keemiline koostis</b>	<b>38</b>
2.1. Elusorganismide keemiline koostis	40
2.2. Vesi	52
2.3. Süsivesikud ja lipiidid	60
2.4. Valgud	78
2.5. Ensüümid	86
2.6. Nukleiinhapped	92
2.7. Tervislik toitumine	100
<b>3. Rakk – elu põhiüksus</b>	<b>108</b>
3.1. Sissejuhatus rakuteooriasse	110
3.2. Rakkude ja kudede mitmekesisus	120
3.3. Raku organellid	126
3.4. Rakumembraan ja membraanivalgud	130
3.5. Ainete transport läbi rakumembraani	136
3.6. Taimerakk	146
3.7. Seenerakk	150
Lisapeatükk. Seente roll looduses ja mõju keskkonnale. Seenhaigused	154
3.8. Mikroskoopia	158
<b>4. Organismide areng</b>	<b>168</b>
4.1. Organismide paljunemine	170
4.2. Rakutsükkel ja mitoos	176
4.3. Meioos	180
4.4. Viljastumine ja lootejärgne areng	184
Lisapeatükk. Pereplaneerimine ja suguhaiguste vältimine	194
4.5. Vananemine	202
<b>Lisa. Teadustöö struktuur</b>	<b>208</b>

# 1. Bioloogia – teadus elust

- 1.1. Elu tunnused
- 1.2. Elu organiseerituse tasemed
- 1.3. Loodusteaduslik uurimismeetod
- 1.4. Uurimustöö tüübid

Kolmvarvaslaisik (*Bradypus sp.*)

*„Teadus ei ole ega hakkagi kunagi olema lõpetatud raamat.  
Iga uus avastus toob endaga kaasa uusi küsimusi.“*

**Albert Einstein**

### **SELLE TEEMA LÕPUKS:**

- tead elus- ja eluta looduse tunnuseid ning eristad elusloodusele ainuomaseid tunnuseid;
- seostad eluslooduse organiseerituse tasemeid elu tunnustega ning kirjeldad neid uurivaid bioloogiateadusi ja elukutseid;
- oskad kavandada ja läbi viia eksperimente ja vaatlusi;
- oskad analüüsida loodusteadusliku meetodi rakendamisega seotud tekste ja annad neile põhjendatud hinnanguid;
- väärtustad loodusteaduslikku meetodit, tehes usaldusväärseid järeldusi.



# 1.1. Elu tunnused

## Sissejuhatus teadusesse



*Teadusel on fundamentaalne roll inimühiskonna elukvaliteedi, arengu ja jätkusuutlikkuse tagamisel.*

**histoloogia** ehk **koeõpetus** (kr *histos* 'kude') – uurib hulkraksete organismide rakkude ja kudede ehitust ja talitlust

**ökoloogia** (kr *oikos* 'maja') – uurib organismide ja keskkonna vahelisi suhteid

**indikaatorliik** – bioloogiline liik, mis on tundlik keskkonnategurite muutuste suhtes

Muutused arusaamas ja mõistmises, maailmapildis ja usalduses uue vastu ei tule üleöö ega iseenesest. Kõik teadmised ja kogu info, ka see, mida käesolevast õpikust leiad, on saavutatud tuhandete teadlaste ja amatööruurijate aastakümnete ja -sadade jooksul tehtud teadustöö, vaatluste ja eksperimentide, katsetuste ja ka eksimuste tulemusel. Teaduslikud faktid ei ole pelgalt kellegi isiklik arusaam või maailmanägemus, samuti pole see kõhutunne või kuulujutt. Selleks et teaduses, sh bioloogias midagi kindlalt väita – näiteks seda, et kõik linnud lendavad –, tuleb seda väidet kontrollida, testida ja tõestada. Eelkõige on see tegevus õige ja eetilise. Kuid samuti on panused kõrged ja eksimisruumi vähe – teaduse kvaliteedist võivad sõltuda elud. Vanarahvas pole asjata öelnud, et üheksa korda mõõda ja üks kord lõika. Teadus on ennekõike püüdlus objektiivse ja universaalse tõe poole, püüdlus mõista maailma ja iseennast nõnda, nagu nad on, isegi siis, kui tõe läheb vastuollu meie ambitsioonide, arusaamade või eelistustega. Teadusel on fundamentaalne roll, tagamaks inimühiskonna elukvaliteet, areng ja jätkusuutlikkus. Teadus aitab meil parandada Maa oma lastelastele samas või veel paremas seisukorras, kui see oli siis, kui selle oma esivanematelt laenuks saime.

Bioloogia on alusteadus, mis on tugevalt läbi põimunud matemaatika, keemia, füüsika ja psühholoogiaga. See tegeleb vahest kõige suurema müsteeriumiga: elu ja sellega seotud maailma kirjeldamise ja uurimisega. Miks me oleme oma bioloogiliste vanemate sarnased? Millest me oleme ehitatud? Kumb oli enne, kas kana või muna? Need on vaid üksikud näited küsimustest, millele bioloogia oskab vastata. Selleks et mõista, mida teadus teab ja õpetab, on oluline aru saada sellest, kuidas mingi teadmiseni jõutakse. Kõik meie bioloogiateadmised – sh ka iseenesest mõistetavad igapäevateadmised – on pikaajalise ühise järjepideva töö tulemus.



## Elu tunnused



**Kõikidel elusorganismidel on seitse universaalset elu tunnust.**

Elu on väga mitmekesine, alates pisikesest ainuraksest vetikast, mis toodab meile eluks vajalikku hapnikku, kuni sipelgaid õgiva liblika või üksisarvik narvalini välja. Elu on protsess, mis on **pidevas muutuses**: meie kauged esivanemad ei näinud välja sellised nagu meie ning liigid evolutsioneeruvad pidevalt. Elu on **nõudlik** – iga olend vajab ellujäämiseks kindlaid ressursse ja keskkonda. Elu on **keeruline suhete võrgustik**, mille iga liikme (elusorganismi) edukus sõltub teistest organismidest ja keskkonnast. Meie, inimesed, sina ja mina, vajame ellujäämiseks nii elus- kui ka eluta loodust. See pakub meile eluliselt olulisi hüvesid, nagu hapniku tootmine, vee filtreerimine ja toit. Selleks et loodusressurssidega optimaalselt ümber käia ja keskkonnaga harmooniliselt koos eksisteerida, on oluline seda mõista. Sama oluline, kui mitte olulisem on mõista ka iseennast kui elusolendit. Selle kõige uurimisega tegelebki bioloogia. (Sõna „bioloogia“ tuleneb vanakreeka sõnadest *bios* ja *logia*, mis tähendavad vastavalt 'elu' ja 'arutlema').

Enne kui uurime elu kogu selle keerukuses, on oluline mõista, kuidas eristub elusloodus elutust. Kuidas me teame, et kasepuu on elus, kuid sellest tehtud viht mitte? Bioloogid on selgelt piiritlenud elu tunnused, mis on ühised kõikidele teadaolevatele elusorganismidele.

## Elu tunnused

### 1) Rakuline ehitus ja organiseeritus

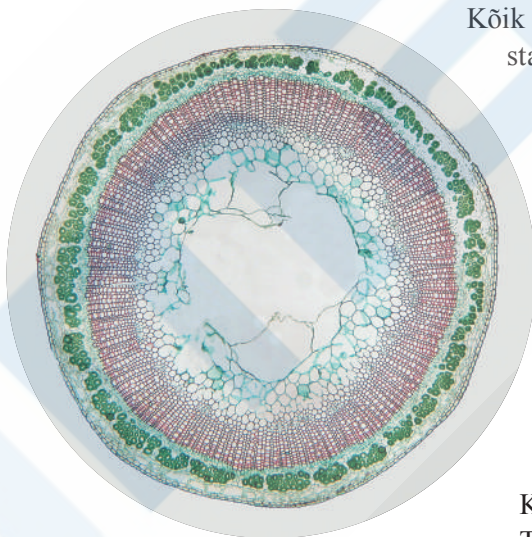
Rakk on kõikide elusorganismide struktuuri põhiühik. Rakud on elu ehitusplokid. Kuigi väliselt võivad elusorganismid üksteisest oluliselt erineda – näiteks taimed loomadest –, siis nende rakud on väga sarnased. Rakkude hulga

**ainuraksed** – organismid, mis koosnevad ühest rakust: bakterid, arhed, protistid, osa vetikaid, pärmseened

**hulkaksed** – organismid, mis koosnevad kahest või enamast rakust: loomad, taimed, osa vetikaid, enamik seeni

järgi jaotatakse elusorganismid ainurakseteks (bakterid, osa vetikaid, ainuraksed seemned, protistid, arhed) ja hulkakseteks (kõik looma- ja taimeliigid ning enamik seeneliike). Näiteks imetajad võivad koosneda triljonitest rakkudest. Võrreldes eluta looduse elementidega on isegi algelised ainuraksed oma ehituse ja funktsioonide poolest märkimisväärselt keerukad. Igas rakus moodustavad korrapäraselt paiknevad aatomid biomolekule. Need omakorda moodustavad kindla funktsiooniga rakuorganelle, mis on suutelised ehitusplokkidest ise biomolekule tootma. Rakuorganellid koosmõjus moodustavad raku. Hulkaksetest moodustavad sarnased rakud organiseerudes ehk liitudes spetsiifilisi kudesid, millest omakorda moodustuvad organid ehk kindla funktsiooniga kehastruktuurid ja organisüsteemid, mis kokku moodustavad organismi kui terviku. Elusloodus on oluliselt keerulisema struktuuri ja ehitusega kui eluta loodus (joonis 1).

## 2) Stabiilne sisekeskkond ehk homoöstaas



**Joonis 1.** Hariliku lina (*Linum usitatissimum*) ristlõige 40-kordse suurendusega

Kõik organismid on võimelised säilitama enam-vähem stabiilset sisekeskkonda. Homoöstaas ongi organismi võime reguleerida ja tagada eluks vajalik sisekeskkonna stabiilsus muutuvate keskkonningimuste juures. See suhteliselt kitsas tingimuste vahemik on vajalik rakkude jätkusuutlikuks toimimiseks muutliku väliskeskkonna tingimustes. Kui organismi elukeskkonna tingimused muutuvad, siis viib keha sisse vastavad kohandused enda ja rakkude stabiilse sisekeskkonna tagamiseks. Inimesed on püsisoojased ja hakkavad kuumas keskkonnas higistama. See aitab vältida ülekuumenemist. Külma korral aitab värisemine vältida külmumist. Täiskasvanud inimese keskmine kehatemperatuur püsib vahemikus 36,1–37,2 °C. Kui see ületab 41 °C, siis hakkavad keha valgud denatureerima ehk

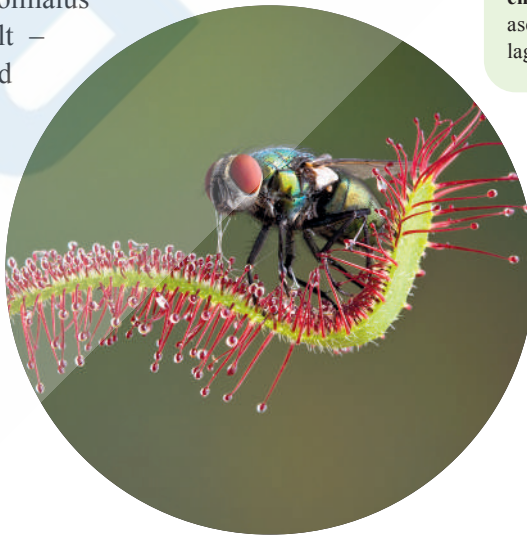




kaotama naturaalseid omadusi, mis on eluspüsamiseks hädavajalikud. Lihtsamate organismide sisekeskkond ei ole nõnda stabiilne. Näiteks putukad ning kõik muud lindude ja imetajate hulka mittekuuluvad loomad on kõigusoojased ega suuda oma kehatemperatuuri reguleerida: neil on teised kohastumused muutuv keskkonnas ellujäämiseks. Homoöstaasi näited on ka vererõhk ja -suhkur, vee hulk kehas, keha immuunvastus bakteritele ja viirustele, rakkude keemiline koostis ja happesus.

### 3) Aine- ja energiavahetus ehk metabolism

Eranditult kõik elusolendid kasutavad energiat. Energiat on vaja stabiilse sisekeskkonna ehk homoöstaasi alalhoidmiseks, mis omakorda tagab läbi rakufunktsioonide organismi kasvu ja arengu. Selleks hantatakse väliskeskkonnast toitaineid ja muudetakse need energia arvel keerulisteks kehaomasteks ehk kehale vastuvõetavateks keemilisteks ühenditeks. Energiat saavad elusorganismid kahel viisil (joonis 2). Üks võimalus on saada energiat otse päikeselt – nii „toituvad“ näiteks erinevad taimed, vetikad ja tsüanobakterid (autotroofid). Teine võimalus on saada energiat teiste organismide sünteesitud orgaanilisest ainest (heterotroofia) – näiteks saab sel viisil energiat inimene, kes sööb kaeramüslit, või lõvi (*Panthera leo*), kes toitub sinignuu (*Connochaetes taurinus*) lihast. Ainevahetuse all mõistetakse kõiki organismis toimuvaid lagundamis- ja sünteesiprotsesse tervikuna.



**Joonis 2.** Pikalehine huulhein (*Drosera anglica*) toitub nii auto- kui ka heterotroofselt

**homoöstaas** – olukord, kus süsteemi hoitakse muutuvate välistingimuste keskkonnas enam-vähem püsiseisundis (stabiilsena); organismi võime tagada oma sisekeskkonna stabiilsus

**püsisoojus** – organismi kehatemperatuuri suhteline sõltumatus keskkonnatemperatuurist

**kõigusoojus** – organismi kehatemperatuuri suhteline sõltuvus keskkonnatemperatuurist

**metabolism** ehk **aine- ja energiavahetus** – organismis aset leidvad sünteesi- ja lagundamisprotsessid



#### 4) Arenemine ja kasv

**katabolism** ehk **dissimilatsioon** – keemilised lagundamisprotsessid, mille tagajärjel keerulisemad ained lõhustatakse (lagundatakse) lihtsamateks ühenditeks; energia vabaneb

**anabolism** ehk **assimilatsioon** – keemilised sünteesiprotsessid, mille tagajärjel lihtsamatest ühenditest moodustatakse (sünteesitakse) keerulisemaid aineid; energia seotakse

Igal organismil on võime kasvada. Sugulise paljunemise puhul algab see viljastumisest ja mittesugulise paljunemise puhul vanemorganismist eraldumisega. Kasv leiab aset siis, kui kehas toimuvate anaboolsete protsesside osakaal ületab kataboolsete oma. Kõik organismid kogevad reguleeritud kasvu. Nõnda muutuvad ainuraksed mõõdukt suuremaks ja ehituselt keerukamaks. Näiteks mikrokoopiline rohevetikas (*Chlorella vulgaris*) võib sobivas keskkonnas enne tütarrakudeks jagunemist kasvada kuni kaks korda suuremaks. Hulkraksed organismid kasvavad läbi rakujagunemise. Näiteks sinivaal (*Balaenoptera musculus*) võib kasvada üle 30 meetri pikkuseks. Punase hiidkänguru (*Osphranter rufus*) vastsündinud beebi kaalub alla grammi, kuid täiskasvanuna võib isaloomade kaal küündida kuni 90 kilogrammini (joonis 3). Enamikul organismidel kujunevad uued sise- ja välis- tunnused, samuti kohanevad (mitte ei kohastu, vt terminite tähendust 5. punktis) organismid oma elukeskkonnaga. Eeldused ehk potentsiaali elukeskkonnaga kohanemiseks pärivad organismid oma vanematelt geneetilise materjali ehk DNA kaudu. Areng võib olla otsene või moondega ning lõpeb alati surmaga. Areng sõltub organismi geneetikast, kuid ka elukeskkonnast. Näiteks imetajatest võib grööni vaal (*Balaena mysticetus*) elada rohkem kui 200-aastaseks, kuid Kagu-Aasias elav hiirlane *Sundamys muelleri* elab keskmiselt vaid pool aastat.



**Joonis 3.** Punase hiidkänguru (*Osphranter rufus*) vastsündinu on täiskasvanud isendist kuni sada tuhat korda väiksema kaaluga

#### 5) Kohastumused ja evolutsioon

Kohastumus on tunnus, mis iseloomustab kõikide elusorganismide populatsioone (mitte üksikorganisme). Kõik üksikisendid, kes moodustavad populatsiooni, kannavad veidi erinevaid gene, mis omakorda määravad nende



tunnused. Mõnel indiviidil on näiteks pikem karv, mõni on tumedam või jookseb kiiremini kui teine jne. Kui organismide elukeskkond muutub, siis suudab osa populatsiooniliikmeid muutunud tingimustele edukamalt vastu seista ja anda rohkem järglasi kui teised, näiteks kliima jahenedes on eelis tihedama karvkatttega loomadel. Selle tagajärjel ehk loodusliku valiku toimel muutub populatsiooni geenifond ja geneetiline struktuur. Püsima jäävad ja suurema osakaalu saavutavad pärilikud tunnused, mis on organismirühmale kasulikud ehk **kohastumused** konkreetse elukeskkonna suhtes. Näiteks muutus karvase mammuti (*Mammuthus primigenius*) karvkate jääaja käigus tihedamaks. Looduslik valik leiab aset vaid siis, kui keskkonnatingimused soosivad mingeid teatud pärilikke tunnuseid. Populatsioonide geneetiliste tunnuste sageduse ja omaduste muutumist ajas kutsutakse evolutsiooniks. Üksikorganismid ei kohastu, nemad kohanevad: elu jooksul toimuvad mittegeneetilised muutused, mis ei pärandu edasi, näiteks mõne oskuse omandamine või päevitumine.

## 6) Paljunemisvõime

Paljunemine on eluavaldus, mille eesmärk on organismi geneetilise materjali edasi pärandamine. Paljunetakse kas suguliselt isas- ja emassugurakkude abil või mittesuguliselt, näiteks pooldudes, eostega (joonis 4), pungudes või vegetatiivselt kehaosade kaudu. Paljunemine võib olla ka ühe raku jagunemine kaheks – nõnda paljunevad näiteks bakterid. Ka paljude hulkraksete rühmades (näiteks käsnad, kõrverak- sed ja mitmed teised selgrootud) on suguta paljunemisel oluline roll: see tähendab, et viljastatud munarakust areneb uus organism. Sugurakkudega pärandavad mõlemad vanemad järglasele osa oma geneetilisest informatsioonist. Osa hulkrakseid paljuneb ka partenogeneetiliselt (neitsisigimine), mis tähendab, et ka emaste munetud viljastamata munadest arenevad elujõulised organismid – nõnda paljunevad näiteks keriloomade hulka kuuluvad usskerised (*Bdelloidea*).

**otsene (moondeta) areng** – organism sünnib või koorub vanemorganismiga sarnasena

**moondega areng** – järglane erineb ehituselt, tihti ka elupaigakasutuselt ja käitumiselt suurel määral vanemorganismist



## 7) Reageerimine ärritustele



**Joonis 4.** Sõnajalgtaimed on eostega paljunevad organismid

Elusorganismid reageerivad stiimulitele või elukeskkonna muutustele. Taimedel ja lihtsamatel organismidel on selleks vastavad biomolekulid. Näiteks osal vetikail esineb nn silmalaik (grupp biomolekule), mis võimaldab neil tajuda valguse suunda ja sellele reageerida (fototaksis) (joonis 5). Enamikul loomadel on reageerimiseks meeleelundid, mis võtavad vastu ärritusi ja reageerivad närvisüsteemi vahendusel. Näiteks on külma korral värisemine reaktsioon välisele ärritajale.

Nende tunnuste põhjal on nii bakterid, loomad, taimed kui ka seened elusolendid. Paljudel elututel objektidel esineb samu tunnuseid, kuid selleks, et miski oleks elus, peavad tal olema kõik elu tunnused. Näiteks viiruseid sel põhjusel elusorganismideks enamasti ei peeta.



**Joonis 5.** Oranž silmalaik silmviburlasel (*Euglena*)



### KAS TEADSID, ET

elu on kõikjal meie ümber, meie seeski? Inimorganism võib olla koduks rohkem kui 1000 erinevale bakteriliigile ja ühes inimeses võib elada korraga enam kui 30 triljonit bakteriisendit.

### PANE END PROOVILE!

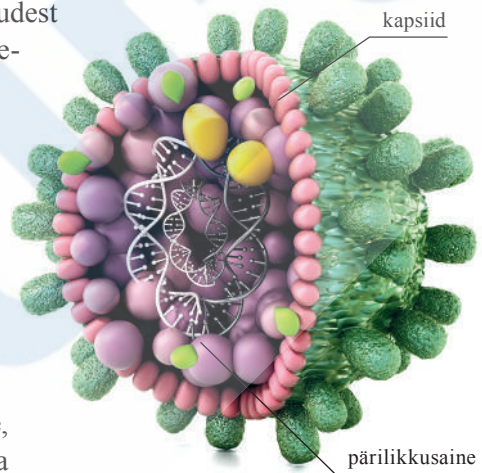


1. Nimeta seitse elu tunnust.
2. Mis on homoöstaas?  
Too üks näide homoöstaasist inimesel.
3. Too näide sellest, kuidas reageerib nahkhiir stiimulile.
4. Mille poolest erinevad kohanemine ja kohastumus?
5. Oletame, et leidsid maast huvitava välimusega oksa ning kahtlustad, et tegemist võib olla raagritsikaga. Kuidas selle välja selgitad?

## Viirused – bioloogilised robotid meie keskel

Enamasti on üsna ilmne, kas vaadeldav objekt on elus või mitte. Mõnel juhul see aga nii üheselt selge ei ole. Näiteks viirused on justkui elus, kuid samas ei ole ka.

Viirused on lihtsad bioloogilised objektid, mis koosnevad pärilikkusainest ja valkudest (joonis 6). Viirused kasutavad paljunemiseks ressursse, mis leiduvad teiste elusorganismide rakkudes – viirustest ei pääse ka bakterid. Viirustel endil rakulist ehitust pole. Üksikut viiruse vormi kutsutakse virioniks ja see koosneb ühest või mitmest pärilikkusaine molekulist (DNA või RNA), mida ümbritseb valkudest kest ehk kapsiid. Viirustel ei ole rakutuuma ja spetsiifilise funktsiooniga organelle, nagu on päristuumsete (nii hulki kui ka ainuraksete) rakkudel. Samas on nende koostis organiseeritud ehituse ja struktuuriga.



Joonis 6. B-hepatiidi viiruse virion

Kuna viirustel ei ole välja kujunenud sigimis- ega ainevahetussüsteemi, ei suuda nad iseseisvalt paljuneda ega oma sisekeskkonda reguleerida ehk hoida homöostaasi. Viirused on elusorganismide siseparasiidid. Paljunemiseks sisenevad nad teiste organismide elusatesse rakkudesse, võtavad üle raku juhtimise ja kasutavad raku ressursse enda geneetilise info paljundamiseks, uute kapsiidide moodustamiseks ja uute virionide kokku panemiseks. See tähendab, et bioloogilise paljunemise asemel viirused pigem paljundavad ennast, umbes nagu ulmefilmis androidid, kes on iseenda taastootmiseks üle võtnud autode tootmisliini. Viiruse

koopid ehk virionid valmivad täismõõdus ja nende suurus ega ehituse keerukus ei muutu kogu nende olemasolu vältel. Viirused ei kasva. Sellegipoolest vajavad ja kasutavad nad energiat – virionide ehitamine on väga energiakulukas. Kogu energia tuleb peremehelt (organismilt, keda viirus nakatab). See tähendab, et viirused ei suuda endale ise energiat toota, vaid nad ammutavad seda vampiiri kombel oma ohvrit.

Pole päris täpselt teada, kuidas viirused ärritusele reageerivad. Kindel on, et sellist vahetut reaktsiooni erinevatele stiimulitele (puudutus, valgus, heli), mis on omane näiteks bakterile, inimesele või rohevetikale, viirustel pole. Kõigele vaatamata viirused muutuvad (muteeruvad) ja suudavad seda teha väga kiiresti.

### **Arutlemiseks**

1. Millistele elu tunnustele vastavad viirused täielikult või osaliselt? Millistele elu tunnustele viirused ei vasta?
2. Kas sinu arvates on viirused elusorganismid? Miks sa nii arvad? Vastates tugine eelnevale tekstile.
3. Kujutle, et su teadvus tõstetakse roboti või arvuti kehasse. Kas sa oleksid siis elus? Põhjenda oma arvamust.