

### ÕPPE-EESMÄRGID

Gümnaasiumi füüsikaõppega taotletakse, et õpilane:

- 1) teadvustab füüsikat kui looduse kõige üldisemaid põhjuslikke seoseid uurivat teadust ja olulist kultuurikomponenti;
- 2) arendab loodusteaduste- ja tehnoloogiaalast kirjaoskust, loovust ning süsteemset mõtlemist;
- 3) mõistab mudelite tähtsust loodusobjektide uurimisel ning mudelite paratamatut piiratust ja arengut;
- 4) teab teaduskeele erinevusi tavakeelest ning kasutab teaduskeelt korrektselt loodusnähtusi kirjeldades ja seletades;
- 5) oskab koguda ja töödelda infot, eristada vajalikku infot ülearusest, olulist infot ebaolulisest ning usaldusväärset infot infomürast;
- 6) oskab kriitiliselt mõelda ning eristab teaduslikke teadmisi ebateaduslikest;
- 7) mõistab füüsika seotust tehnika ja tehnoloogiaga ning füüsikateadmiste vajalikkust vastavate elukutsete esindajatel;
- 8) oskab lahendada olulisemaid kvalitatiivseid ja kvantitatiivseid füüsikaülesandeid, kasutades loodusteaduslikku meetodit;
- 9) tunneb ära füüsikaalaseid teemasid, probleeme ja küsimusi erinevates loodusteaduslikes situatsioonides ning pakub võimalikke selgitusi neis esinevatele mõtteseostele;
- 10) aktsepteerib ühiskonnas tunnustatud väärtushinnanguid ning suhtub loodusesse ja kaaskodanikesse vastutustundlikult.

### ÕPPEAINE KIRJELDUS

Füüsika kuulub loodusteaduste hulka, olles väga tihedas seoses matemaatikaga. Füüsika paneb aluse tehnika ja tehnoloogia mõistmisele ning aitab väärtustada tehnikaga seotud elukutseid. Füüsikaõppes arvestatakse loodusainete (füüsika, keemia, bioloogia, geograafia) vertikaalse (kogu õpet läbiva) ning horisontaalse (konkreetseid teemasid omavahel seostava) lõimimise vajalikkust. Vertikaalse lõimimise korral on ühised teemad loodusteaduslik meetod, looduse tasemeline struktureeritus; vastastikmõju, liikumine (muutumine ja muundumine), energia, loodusteaduste- ja tehnoloogiaalane kirjaoskus, tehnoloogia, elukeskkond ning ühiskond. Vertikaalset lõimimist toetab õppeainete horisontaalne lõimumine.

Gümnaasiumi füüsikaõppe eesmärgiks on pakkuda vajalikke füüsikateadmisi tulevasele kodanikule, kujundada temas keskkonna- ja ühiskonnasõbralikke ning jätkusuutikule arengule orienteeritud hoiakuid. Gümnaasiumi tasemel käsitletakse nähtusi süsteemselt, arendades terviklikku ettekujutust loodusest. Võrreldes põhikooliga tutvutakse sügavamalt erinevate vastastikmõjude ja nende poolt põhjustatud liikumisvormidega ning otsitakse liikumisvormide-vahelisi seoseid. Gümnaasiumi füüsikaõpe on holistlik, pidades tähtsaks olemuslikke seoseid tervikpildi osade vahel. Esimeses kursuses formuleeritakse nüüdisaegse füüsika üldprintsipiidid ning konkreetsete

loodusnähtuste hilisemal käsitlemisel juhitakse pidevalt õpilaste tähelepanu nimetatud printsiipide ilmumisele. Õpilaste füüsikakeele oskused täienevad. Õpilaste kriitilise ja süsteemsemõistelise mõtlemise arendamiseks lahendatakse füüsikalise erinevates aine- ja eluvaldkondades esinevaid probleeme, osates planeerida ja korraldada eksperimenti kasutades loodusteaduslikku uurimismeetodit. Kvantitatiivülesandeid lahendades ei ole nõutav valemite peast teadmine. Kujundatakse oskust mõista valemite füüsikalist sisu ning valemite õiges kontekstis kasutada. Õpilastel kujunevad väärtushinnangud, mis määravad nende suhtumise füüsikasse kui kultuurifenomeni, avavad füüsika rolli tehnikas, tehnoloogias ja elukeskkonnas ning ühiskonna jätkusuutlikus arengus. Gümnaasiumi füüsikaõpe taotleb koos teiste õppeainetega õpilastel nüüdisaegse tervikliku maailmapildi ja keskkonda säästva hoiaku ning analüüsioskuse kujunemist.

Gümnaasiumi füüsikaõppes kujundatavad üldoskused erinevad põhikooli füüsikaõppes saavutatavatest deduktiivse käsitlusviisi ulatuslikuma rakendamise ning tehtavate üldistuste laiemalt kehtivuse poolest. Füüsikaõpe muutub gümnaasiumis spetsiifilisemaks, kuid samas seostatakse füüsikateadmised tihedalt ja kõrgemal tasemel ülejäänud õppeainete teadmistega ning varasemates kooliastmetes õpituga

Gümnaasiumi füüsikaõpe koosneb viiest kohustuslikust kursusest ning kahest soovituslikust valikkursusest.

Esimese kohustusliku kursuse „Füüsikalise looduskäsitluse alused“ põhifunktsioon on selgitada, mis füüsika on, mida ta suudab ja mille poolest eristub füüsika teistest loodusteadustest. Esimene kursus tekitab motivatsiooni ülejäänud kursuste tulemuslikuks läbimiseks ning loob tausta nüüdisaegse tervikliku füüsikakäsitluse mõistmiseks.

Teine kursus „Mehaanika“ avab mehaaniliste mudelite keskse rolli loodusnähtuste kirjeldamisel ja seletamisel. Kuna kogu nüüdisaegses füüsikas domineerib vajadus arvestada aine ja välja erisusi, käsitleb kolmas kursus „Elektromagnetism“ elektromagnetvälja näitel väljade kirjeldamise põhivõtteid ning olulisemaid elektrilisi ja optilisi nähtusi. Neljas kursus „Energia“ vaatleb ümbritsevat keskkonda energeetilise aspektist. Käsitletakse alalis- ja vahelduvvoolu ning soojusnähtusi, ent ka mehaanilise energia, soojusenergia, elektrienergia, valgusenergia ja tuumaenergia omavahelisi muundumisi. Viiendas kohustuslikus kursuses „Mikro- ja megamaailma füüsika“ vaadeldakse füüsikalisi seaduspärasusi ning protsesse mastaapides, mis erinevad inimese karakteristikust mõõtmest (1 m) rohkem kui miljon korda. Kahe viimase kohustusliku kursuse läbimise järjestuse määrab õpetaja.

Kaks ainekavas kirjeldatud soovitatavat valikkursust pakuvad eelkõige võimalusi kahe viimase kohustusliku kursuse õppesisu laiemaks ja sügavamaks omandamiseks. Kumbki kursus sisaldab 15 moodulit, igaüks mahuga 3–6 õppetundi. Nende hulgast valib õpetaja kuni 8 moodulit. Kursus „Füüsika ja tehnika“ laiendab ning süvendab õpilaste teadmisi kohustusliku „Energia“ kursuse temaatikas, tuues esile füüsika tehnilised rakendused. Valikkursus „Teistsugune füüsika“ on kohustusliku kursuse „Mikro- ja megamaailma füüsika“ süvendav kursus.

---

## ÕPITULEMUSED

Gümnaasiumi õpitulemuste rahuldavat taset näitavad alljärgnevad saavutused.

Gümnaasiumi füüsikaõpetusega taotletakse, et õpilane:

1. kasutab füüsikalisi suurusi ning füüsika mõisteid ja seoseid, kirjeldades, seletades ning ennustades loodusnähtusi ja nende tehnilisi rakendusi;
2. lahendab situatsiooni-, arvutus- ja graafilisi ülesandeid ning hindab kriitiliselt saadud tulemuste tõepärasust;
3. kasutab ainekavas sisalduvaid SI mõõtühikuid, teisendab mõõtühikuid, kasutades eesliiteid: tera-, giga-, mega-, kilo-, detsi-, senti-, milli-, mikro-, nano-, piko-;
4. sõnastab etteantud situatsioonikirjelduse põhjal uurimisküsimusi, kavandab ja korraldab eksperimendi, töötleb katseandmeid ning teeb järeldusi uurimisküsimuses sisalduva hüpoteesi kehtivuse kohta;
5. leiab infoallikatest ainekava sisuga seonduvat füüsika-alast infot;
6. leiab tavaelus tõusetuvatele füüsikalistele probleemidele lahendusi;
7. visandab ainekavaga määratud tasemel füüsikaliste objektide, nähtuste ja rakenduste jooniseid;
8. teisendab loodusnähtuse füüsikalise mudeli ühe kirjelduse teiseks (verbaalkirjelduse valemiks või jooniseks ja vastupidi);
9. on informeeritud, väärtustamaks füüsika-alaseid teadmisi eeldavaid elukutseid;
10. võtab omaks ühiskonnas tunnustatud jätkusuutlikku arengut toetavaid väärtushinnanguid ning suhtub loodusesse ja ühiskonnasse vastutustundlikult.

---

## FÜÜSILINE ÕPIKESKKOND

1. Praktiliste tööde läbiviimiseks korraldab kool vajadusel õppe rühmades.
2. Kool korraldab valdava osa õpet klassis, kus on soe ja külm vesi, valamud, elektripistikud, spetsiaalse kattega töölaud ning info- ja kommunikatsioonitehnoloogilised demonstatsioonivahendid õpetajale.
3. Kool võimaldab ainekavas nimetatud praktiliste tööde läbiviimiseks katsevahendid ja – materjalid ning demonstatsioonivahendid.
4. Kool võimaldab sobivad hoiutingimused praktiliste tööde ja demonstatsioonide läbiviimiseks vajalike materjalide kogumiseks ja säilitamiseks.
5. Kool võimaldab vastavalt kooli õppekavale vähemalt korra õppeaastas õpet väljaspool kooli territooriumi (looduskeskkonnas, muuseumis ning laboris).
6. Kool võimaldab vastavalt ainekavale õppimist arvutiklassis, kus saab läbi viia ainekavas loetletud töid.

---

## HINDAMINE

Õpitulemuste hindamisel lähtutakse põhikooli riikliku õppekava üldosa ja teiste hindamist reguleerivate õigusaktide hindamiskäsitlusest. Hinnatakse õpilase teadmisi ja oskusi suuliste vastuste (esituste), kirjalike ja/või praktiliste tööde ning praktiliste tegevuste alusel, arvestades õpilase teadmiste ja oskuste vastavust ainekavas taotletud õpitulemustele. Õpitulemuste hindamisel kasutatakse sõnalisi hinnanguid ja numbrilisi hindeid. Kirjalikke ülesandeid hinnates arvestatakse eelkõige töö sisu, kuid parandatakse ka õigekirjavead, mida hindamisel ei arvestata. Õpitulemuste kontrollimise vormid peavad olema mitmekesised ja vastavuses

õpitulemustega. Õpilane peab teadma, mida ja millal hinnatakse ning milliseid hindamisvahendeid kasutatakse ja millised on hindamise kriteeriumid.

Füüsika õpitulemusi hinnates on oluline hinnata nii erinevate mõtlemistasandite arendamist füüsika kontekstis kui ka uurimuslike ja otsuste tegemise oskuste arendamist. Nende suhe hinde moodustumisel võiks kujuneda vastavalt 80% ja 20%. Mõtlemistasandite arendamisel peaks 50% hindest moodustama madalamat järku ning 50% kõrgemat järku mõtlemistasandite oskuste rakendamist eeldavad ülesanded. Uurimuslike oskusi võib hinnata nii terviklike uurimuslike tööde käigus kui ka üksikuid oskusi eraldi arendades. Põhikoolis arendatavad peamised uurimuslikud oskused on probleemi sõnastamise, taustinfo kogumise, uurimisküsimuste sõnastamise, töövahendite käsitlemise, katse hoolika ja organiseeritud tegemise, mõõtmise, andmekogumise, täpsuse tagamise, ohutusnõuete järgimise, tabelite ja diagrammide koostamise ning analüüsi, järelduste tegemise ning tulemuste esitamise oskused.

## ÕPPETEGEVUS

Õppetegevust kavandades ja korraldades:

1. lähtutakse õppekava alusväärtustest, üldpädevustest, õppeaine eesmärkidest, õppesisust ja eeldatavatest õpitulemustest ning toetatakse lõimingut teiste õppeainete ja läbivate teemadega;
2. taotletakse, et õpilase õpikoormus (sh kodutööde maht) on mõõdukas, jaotub õppeaasta ulatuses ühtlaselt ning jätab piisavalt aega nii huvitegevuseks kui ka puhkuseks;
3. võimaldatakse nii individuaal- kui ka ühisõpet (iseseisvad, paaris- ja rühmatööd, õppekäigud, praktilised tööd, töö arvutipõhiste õpikeskkondadega ning veebimaterjalide ja teiste teabeallikatega), mis toetavad õpilaste kujunemist aktiivseteks ja iseseisvateks õppijateks;
4. kasutatakse diferentseeritud õpiülesandeid, mille sisu ja raskusaste toetavad individualiseeritud käsitlust ning suurendavad õpimotivatsiooni;
5. rakendatakse IKT-l põhinevaid õpikeskkondi, õppematerjale ja -vahendeid;
6. laiendatakse õpikeskkonda: arvutiklass, kooliümbrus, looduskeskkond, muuseumid, näitused, ettevõtted jne;
7. toetab avar õppemetoodiline valik aktiivõpet: rollimängud, arutelud, väitlused, projektõpe, õpimapi ja uurimistöö koostamine, praktilised ja uurimuslikud tööd (nt loodusobjektide ja protsesside vaatlemine ning analüüs, protsesse ja objekte mõjutavate tegurite mõju selgitamine, komplekssete probleemide lahendamine) jne.

## FÜÜSILINE ÕPIKESKKOND

1. Praktiliste tööde läbiviimiseks korraldab kool vajadusel õppe rühmades.
2. Kool korraldab valdava osa õpet klassis, kus on soe ja külm vesi, valamud, elektripistikud ning IKT-vahendid.
3. Kool võimaldab ainekavas nimetatud praktiliste tööde tegemiseks katsevahendid ja -materjalid ning demonratsioonivahendid.

4. Kool võimaldab sobivad hoiutingimused praktiliste tööde ja demonstratsioonide tegemiseks ning vajalike materjalide kogumiseks ja säilitamiseks.
5. Kool võimaldab kooli õppekava järgi vähemalt kaks korda õppeaastas õpet väljaspool kooli territooriumi (looduskeskkonnas, muuseumis ja/või laboris).
6. Kool võimaldab ainekava järgi õppida arvutiklassis, kus saab teha ainekavas loetletud töid.

## HINDAMINE

Õpitulemusi hinnates lähtutakse gümnaasiumi riikliku õppekava üldosa ja teiste hindamist reguleerivate õigusaktide käsitlusest. Hinnatakse õpilase teadmisi ja oskusi suuliste vastuste (esituste), kirjalike ja praktiliste tööde ning praktiliste tegevuste alusel, arvestades õpilase teadmiste ja oskuste vastavust ainekavas taotletud õpitulemustele. Õpitulemusi hinnatakse sõnaliste hinnangute ja numbriliste hinnetega. Kirjalikke ülesandeid hinnates arvestatakse eelkõige töö sisu, kuid parandatakse ka õigekirjavead, mida hindamisel ei arvestata. Õpitulemuste kontrollimise vormid on mitmekesised ning vastavuses õpitulemustega. Õpilane peab teadma, mida ja millal hinnatakse, mis hindamisvahendeid kasutatakse ning mis on hindamise kriteeriumid.

Gümnaasiumi füüsikas jagunevad õpitulemused kahte valdkonda: 1) mõtlemistasandite arendamine füüsika kontekstis, 2) uurimuslikud ja otsuste langetamise oskused. Nende suhe hinde moodustumisel on eeldatavalt 70% ja 30%. Madalamat ja kõrgemat järku mõtlemistasandite arengu vahekord õpitulemuste hindamisel on ligikaudu 40% ja 60%. Probleemide lahendamisel hinnatavad üldised etapid on 1) probleemi määratlemine, 2) probleemi sisu avamine, 3) lahendusstrateegia leidmine, 4) strateegia rakendamine ning 5) tulemuste hindamine. Mitme samaväärse lahendiga probleemide (nt dilemmaprobleemide) puhul lisandub neile otsuse tegemine. Dilemmaprobleemide lahendust hinnates arvestatakse, mil määral on suudetud otsuse langetamisel arvestada eri osaliste argumente.

## I KURSUS „FÜÜSIKALISE LOODUSKÄSITLUSE ALUSED“

### SISSEJUHATUS FÜÜSIKASSE

#### ÕPITULEMUSED

Kursuse lõpul õpilane:

- 1) seletab sõnade tähendust: maailm, loodus ja füüsika;
- 2) mõistab paratamatut erinevust looduse ning vaatlaja kujutluste vahel;
- 3) tunneb loodusteaduste põhieesmärki – saavutada üha parem vastavus looduse ja seda peegeldavate kujutluste vahel;
- 4) teab nähtavushorisoni mõistet ja suudab vastata kahele struktuursele põhiküsimusele – mis on selle taga ning mis on selle sees?
- 5) teab füüsika põhierinevust teistest loodusteadustest – füüsika ja tema sidusteaduste kohustust määratleda ja nihutada edasi nähtavushorisonte;
- 6) määratleb looduse struktuuritasemete skeemil makro-, mikro- ja megamaailma ning nimetab nende erinevusi.

## ÕPPESISU

Jõudmine füüsikasse, tuginedes isiklikule kogemusele. Inimene kui vaatleja. Sündmus, signaal, aisting ja kujutus. Vaatleja kujutlused ja füüsika. Füüsika kui loodusteadus. Füüsika kui inimkonna nähtavushorisonte edasi nihutav teadus. Mikro-, makro- ja megamaailm.

## PÕHIMÕISTED

loodus, loodusteadus, füüsika, vaatleja, nähtavushorisont, makro-, mikro- ja megamaailm

---

## FÜÜSIKA UURIMISMEETOD

### ÕPITULEMUSED

Kursuse lõpul õpilane:

- 1) seletab loodusteadusliku meetodi olemust (vaatlus-hüpotees-eksperiment-andmetöötlus-järelendus);
- 2) teab, et eksperimentitulemusi üldistades jõutakse mudelini;
- 3) mõistab, et mudel kirjeldab reaalsust kindlates fikseeritud tingimustes, nende puudumise korral ei tarvitse mudel anda eksperimentaalset kinnitust leidvaid tulemusi;
- 4) teab, et mudeli järeldusi tuleb alati kontrollida ning mudeli järelduste erinevus katsetulemustest tingib vajaduse uuteks eksperimentideks ja seeläbi uuteks mudeliteks;
- 5) teab, et üldaktsepteeritava mõõtmistulemuse saamiseks tuleb mõõtmisi teha mõõteseaduse järgi;
- 6) mõistab mõõtesuuruse ja mõõdetava suuruse väärtuse erinevust ning saab aru mõistetest mõõtevahend ja taatlemine.
- 7) teab rahvusvahelise mõõtühikute süsteemi (SI) põhisuurusi ning nende mõõtühikuid ning seda, et teiste füüsikaliste suuruste ühikud on väljendatavad põhisuuruste ühikute kaudu;
- 8) teab standardhälbe mõistet (see mõiste kujundatakse graafiliselt) ning oskab seda kasutada mõõtmisega kaasneva mõõtemääramatuse hindamisel.
- 9) kasutades mõõtesuurust, esitab korrektselt mõõdetava suuruse väärtuse kui arväärtuse ja mõõtühiku korrutise;
- 10) mõõdab õpetaja poolt valitud keha joonmõõtmed ning esitab korrektse mõõtetulemuse;
- 11) esitab katseandmeid tabelina ja graafikuna;
- 12) loob mõõtetulemuste töötlemise tulemusena mudeli, mis kirjeldab eksperimentis toimuvat.

## ÕPPESISU

Loodusteaduslik meetod ning füüsikateaduse osa selle väljaarendamises. Üldine ja sihipärane vaatlus, eksperiment. Vajadus mudelite järele. Mudeli järelduste kontroll ja mudeli areng. Mõõtmine ja mõõtetulemus. Mõõtesuurus ja mõõdetava suuruse väärtus. Mõõtühikud ja vastavate kokkulepete areng. Rahvusvaheline mõõtühikute süsteem (SI). Mõõteriistad ja mõõtevahendid. Mõõteseadus. Mõõtemääramatus ja selle hindamine. Katseandmete esitamine tabelina ja graafikuna. Mõõtetulemuste töötlemine. Mudeli loomine.

## PÕHIMÕISTED

vaatlus, hüpotees, eksperiment, mõõtmine, mõõtühik, mõõtühikute süsteem, mõõtemääramatus, etalon, mõõtesuurus, mõõdetava suuruse väärtus, mõõtetulemus, mõõtevahend, mudel, taatlemine

## PRAKTILISED TÖÖD JA IKT RAKENDAMINE

1. Õpetaja valitud keha joonmõõtmete mõõtmine ja korrektse mõõtetulemuse esitamine (kohustuslik praktiline töö).
2. Mõõtmised ja andmetöötlus õpetaja valitud näitel, võrdelise sõltuvuse kui mudelini jõudmine (kohustuslik praktiline töö).

---

## FÜÜSIKA ÜLDMUDELID

### ÕPITULEMUSED

Kursuse lõpul õpilane:

1. eristab füüsikalisi objekte, nähtusi ja suurusi;
2. teab skalaarsete ja vektoriaalsete suuruste erinevust ning oskab tuua nende kohta näiteid;
3. seletab füüsika valemites esineva miinusmärgi tähendust (suuna muutumine esialgsele vastupidiseks);
4. rakendab skalaarsete suuruste algebralise liitmise/lahutamise ning vektorsuuruste vektoriaalse liitmise/lahutamise reegleid;
5. eristab füüsikat matemaatikast (matemaatika on kõigi kvantitatiivkirjelduste universaalne keel, füüsika peab aga alati säilitama seose loodusega);
6. mõistab, et füüsikalised suurused pikkus (ka teepikkus), ajavahemik ( $\Delta t$ ) ja ajahetk ( $t$ ) põhinevad kehade ja nende liikumise (protsesside) omavahelisel võrdlemisel;
7. teab, et keha liikumisolekut iseloomustab kiirus ning oskab tuua näiteid liikumise suhtelisuse kohta makromaailmas;
8. tunneb liikumise üldmudeleid – kulgemine, pöörlemine, kuju muutumine, võnkumine ja laine; oskab nimetada iga liikumisliigi olulisi erisusi;
9. teab, et looduse kaks oluliselt erinevate omadustega põhivormi on aine ja väli, nimetab peamisi erinevusi;
10. nimetab mõistete avatud süsteem ja suletud süsteem olulisi tunnuseid;
11. seletab Newtoni III seaduse olemust – mõjuga kaasneb alati vastumõju;
12. tunneb mõistet kiirendus ja teab, et see iseloomustab keha liikumisoleku muutumist;
13. seletab ja rakendab Newtoni II seadust – liikumisoleku muutumise põhjustab jõud;
14. teab, milles seisneb kehade inertsuse omadus; teab, et seda omadust iseloomustab mass;
15. seletab ja rakendab Newtoni I seadust – liikumisolek saab olla püsiv vaid siis, kui kehale mõjuvad jõud on tasakaalus;
16. avab tavakeele sõnadega järgmiste mõistete sisu: töö, energia, kineetiline ja potentsiaalne energia, võimsus, kasulik energia, kasutegur;
17. sõnastab mõõtühikute njuuton, džaul ja vatt definitsioone ning oskab neid probleemide lahendamisel rakendada.

## ÕPPESISU

Füüsikalised objektid, nähtused ja suurused. Füüsikaline suurus kui mudel. Füüsika keel, selles kasutatavad lühendid. Skalaarid ja vektorid. Tehted vektoritega. Füüsika võrdlus matemaatikaga. Kehad, nende mõõtmised ja liikumine. Füüsikaliste suuruste pikkus, kiirus ja aeg tulenevus vaatleja kujutlustest. Aja mõõtmine. Aja ja pikkuse mõõtühikud sekund ja meeter. Liikumise suhtelisus. Liikumise üldmudelid – kulgemine, pöörlemine, kuju muutumine, võnkumine ja laine. Vastastikmõju kui kehade liikumisoleku muutumise põhjus. Avatud ja suletud süsteem. Füüsikaline suurus jõud. Newtoni III seadus. Väli kui vastastikmõju vahendaja. Aine ja väli – looduse kaks põhivormi. Esmane tutvumine välja mõistega elektromagnetvälja näitel. Liikumisoleku muutumine. Kiirendus. Newtoni II seadus. Keha inertsus ja seda kirjeldav suurus – mass. Massi ja jõu mõõtühikud kilogramm ja njuuton. Newtoni I seadus. Töö kui protsess, mille korral pingutusega kaasneb olukorra muutumine. Energia kui seisundit kirjeldav suurus ja töö varu. Kineetiline ja potentsiaalne energia. Võimsus kui töö tegemise kiirus. Töö ja energia mõõtühik džaul ning võimsuse mõõtühik vatt. Kasuteguri mõiste.

## PÕHIMÕISTED

füüsikaline objekt, füüsikaline suurus, skalaarne ja vektoriaalne suurus, pikkus, liikumisolek, kiirus, aeg, kulgemine, pöörlemine, kuju muutumine, võnkumine, laine, vastastikmõju, jõud, aine, väli, kiirendus, inerts, mass, töö, energia, kineetiline ja potentsiaalne energia, võimsus, kasutegur. Ühikud: meeter, sekund, meeter sekundis, meeter sekundis sekundi kohta, kilogramm, njuuton, džaul ja vatt.

## PRAKTILISED TÖÖD JA IKT RAKENDAMINE

- Tutvumine Newtoni seaduste olemusega (jõu ja massi varieerimine kindla keha korral) demokatses või arvutisimulatsiooni teel.
- Tutvumine välja mõistega elektromagnetvälja näitel, kasutades elektripendlit või püsimagneteid.
- Tutvumine erinevate liikumise üldmudelitega demokatses või arvutisimulatsiooni teel.

---

## FÜÜSIKA ÜLDPRINTSIIBID.

### ÕPITULEMUSED

Kursuse lõpul õpilane:

1. toob iga loodusteaduse uurimisvaldkonnast vähemasti ühe näite põhjusliku seose kohta;
2. toob vähemasti ühe näite füüsika pakutavate tunnetuslike ja ennustuslike võimaluste, aga ka füüsika rakendustest tulenevate ohtude kohta;
3. teab, mis on füüsika printsiibid ja oskab neid võrrelda aksioomidega matemaatikas;
4. teab, milles seisneb väljade puhul kehtiv superpositsiooni printsiip;
5. sõnastab atomistliku printsiibi, energia miinimumi printsiibi, tõrjutuse printsiibi ja absoluutkiiruse printsiibi ning oskab tuua näiteid nende printsiipide kehtivuse kohta;
6. teab relativistliku füüsika peamist erinevust klassikalisest füüsikast;
7. oskab seletada ruumi ja aja relatiivsust, lähtudes vaatleja kujutlustest kehade ja liikumiste võrdlemisel.
8. teab valemist  $E = mc^2$  tulenevat massi ja energia samaväärsust.



## ÕPPESISU

Põhjuslikkus ja juhuslikkus. Füüsika kui õpetus maailma kõige üldisematest põhjuslikest seostest. Füüsika tunnetuslik ja ennustuslik väärtus. Füüsikaga seotud ohud. Printsiihid füüsikas (looduse kohta kehtivad kõige üldisemad tõdemused, mille kehtivust tõestab neist tulenevate järelduste absoluutne vastavus eksperimendiga). Võrdlus matemaatikaga (aksioomid). Osa ja tervik. Atomistlik printsii (loodus ei ole lõputult ühel ja samal viisil osadeks jagatav). Atomistika füüsikas ja keemias. Energia miinimumi printsii (kõik looduse objektid püüavad minna vähima energiaga seisundisse). Tõrjutusprintsii (ainelisi objekte ei saa panna teineteise sisse). Väljade liitumine ehk superpositsiooniprintsii. Absoluutkiiruse printsii (välja liikumine aine suhtes toimub alati suurima võimaliku kiiruse ehk absoluutkiirusega, aineliste objektide omavaheline liikumine on aga suhteline). Relativistliku füüsika olemus (kvalitatiivselt). Massi ja energia samaväärsus.

## PÕHIMÕISTED

põhjuslik ja juhuslik sündmus, printsii, atomistlik printsii, algosake, kvant, energia miinimumi printsii, tõrjutusprintsii, superpositsiooniprintsii, absoluutkiirus ja absoluutkiiruse printsii, relativistlik füüsika.

## PRAKTILISED TÖÖD JA IKT RAKENDAMINE

- Tutvumine relativistliku füüsika olemusega, kasutades vastavat arvutisimulatsiooni.

## LÕIMING

Tutvustada kursuse lõpul omal valikul füüsika siirdeteadusi (biofüüsika, füüsikaline keemia, tehniline füüsika, tugevusõpetus vms).

## II KURSUS „MEHAANIKA“

### KINEMAATIKA

#### ÕPITULEMUSED

Kursuse lõpul õpilane:

1. teab mehaanika põhiülesannet (keha koordinaatide määramine suvalisel ajahetkel ja etteantud tingimustel);
2. nimetab nähtuste (ühtlane sirgjooneline liikumine, ühtlaselt kiirenev sirgjooneline liikumine, ühtlaselt aeglustuv sirgjooneline liikumine, vaba langemine) olulisi tunnuseid, oskab tuua näiteid;
3. seletab füüsikaliste suuruste (kiirus, kiirendus, teepikkus ja nihe) tähendust, mõõtühikuid ning nende suuruste mõõtmise või määramise viise;
4. rakendab definitsioone  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  ja  $a = \frac{v-v_0}{\Delta t}$ ;
5. mõistab ajavahemiku  $\Delta t = t - t_0$  asendamist aja lõppväärtusega  $t$ , kui  $t_0 = 0$ ;
6. rakendab ühtlase sirgjoonelise liikumise ja ühtlaselt muutuva liikumise kirjeldamiseks vastavalt liikumisvõrrandeid  $x = x_0 \pm vt$  või  $x = x_0 \pm v_0 t \pm \frac{at^2}{2}$ ;
7. kujutab graafiliselt ja kirjeldab graafiku abil ühtlase ja ühtlaselt muutuva sirgjoonelise liikumise kiiruse ning läbitud teepikkuse sõltuvust ajast; oskab leida teepikkust kui kiiruse graafiku alust pindala;

8. rakendab ühtlaselt muutuva sirgjoonelise liikumise kiiruse, nihke ja kiirenduse leidmiseks seoseid:  $v = v_0 \pm at$ ,  $s = v_0 t \pm \frac{at^2}{2}$  ja  $a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s}$ ;
9. teab, et vaba langemise korral tuleb kõigis seostes kiirendus  $a$  asendada vaba langemise kiirendusega  $g$ , ning oskab seda teadmist rakendada, arvestades kiiruse ja kiirenduse suundi.

## ÕPPESISU

Mehaanika põhiülesanne. Punktmass kui keha mudel. Koordinaadid. Taustsüsteem. Teepikkus ja nihe.

Kinemaatika. Ühtlane sirgjooneline liikumine ja ühtlaselt muutuv sirgjooneline liikumine: liikumisvõrrand, kiiruse ja läbitud teepikkuse sõltuvus ajast, vastavad graafikud. Vaba langemine kui näide ühtlaselt kiireneva liikumise kohta. Vaba langemise kiirendus. Kiiruse ja kõrguse sõltuvus ajast vertikaalsel liikumisel. Erisihiliste liikumiste sõltumatus.

## PÕHIMÕISTED

mehaanika põhiülesanne, punktmass, taustsüsteem, teepikkus, nihe, kinemaatika, keskmine kiirus, hetkkiirus, kiirendus, vaba langemise kiirendus

## PRAKTILISED TÖÖD JA IKT RAKENDAMINE

- Ühtlaselt kiirenevalt liikuva keha koordinaadi, kiiruse ja kiirenduse määramine, uurides kuulikese veeremist rennis ja kasutades fotovärvaid ning andmehõiveseadet.
- Tutvumine visatud keha liikumisega demokatse või arvutisimulatsiooni abil.

---

## DÜNAAMIKA

### ÕPITULEMUSED

Kursuse lõpul õpilane:

1. nimetab nähtuste (vastastikmõju, gravitatsioon, hõõrdumine ja deformatsioon) olulisi tunnuseid ning selgitab seost teiste nähtustega;
2. täiendab etteantud joonist vektoritega, näidates kehale mõjuvaid jõudusid nii liikumisoleku püsimisel ( $v = \text{const}$ ,  $a = 0$ ) kui muutumisel ( $a = \text{const} \neq 0$ );
3. oskab leida resultantjõudu;
4. kasutab Newtoni seadusi mehaanika põhiülesannet lahendades;
5. seletab füüsikalise suuruse impulss tähendust, teab impulsi definitsiooni ning impulsi mõõtühikut;
6. sõnastab impulsi jäävuse seaduse ja oskab praktikas kasutada seost  $\Delta(m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2) = 0$ ;
7. seletab jõu seost impulsi muutumise kiirusega keskkonna takistusjõu tekkimise näitel;
8. nimetab mõistete (raskusjõud, keha kaal, toereaktsioon, rõhumisjõud ja rõhk)olulisi tunnuseid ning rakendab seoseid:  $F = mg$ ,  $P = m(g \pm a)$ ,  $p = \frac{F}{S}$ ;
9. nimetab mõistete (hõõrdejõud ja elastsusjõud) olulisi tunnuseid ning toob näiteid nende esinemise kohta looduses ja tehnikas;
10. rakendab hõõrdejõu ja elastsusjõu arvutamise eeskirju  $Fh = \mu N$  ja  $Fe = -k\Delta l$ ;
11. toob loodusest ja tehnikast näiteid ühtlase ja mitteühtlase tiirlemise ning pöörlemise kohta;

12. kasutab liikumise kirjeldamisel õigesti füüsikalisi suurusi (pöördenurk, periood, sagedus, nurkkiirus, joonkiirus ja kesktõmbekiirendus) teab nende suuruste mõõtühikuid;
13. kasutab probleemide lahendamisel seoseid:  $\omega = \frac{\varphi}{t}$ ,  $v = \omega r$ ,  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ ,  $a = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}$ ;
14. rakendab gravitatsiooniseadust  $F_G = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$ ;
15. teab mõistete, raske mass ja inertne mass, erinevust; 3. seletab orbitaalliikumist kui inertsi ja kesktõmbejõu koostoime tagajärge.

## ÕPPESISU

Kulgliikumise dünaamika. Newtoni seadused (kordamine). Jõudude vektoriaalne liitmine. Resultantjõud. Näiteid konstantse kiirusega liikumise kohta jõudude tasakaalustumisel. Keha impulss kui suurus, mis näitab keha võimet muuta teiste kehade kiirust. Impulsi jäävuse seadus. Jõud kui keha impulsi muutumise põhjus. Keskkonna takistusjõu tekkemehhanism. Raskusjõud, keha kaal, toereaktsioon. Kaalutus. Rõhumisjõud ja rõhk. Elastsusjõud. Hooke'i seadus. Jäikustegur. Hõõrdejõud ja hõõrdetegur. Keha tiirlemine ja pöörlemine. Ühtlase ringjoonelise liikumise kirjeldamine: pöördenurk, periood, sagedus, nurk- ja joonkiirus, kesktõmbekiirendus. Gravitatsiooniseadus. Raske ja inertse massi võrdsustamine füüsikas. Tiirlemine ja pöörlemine looduses ning tehnikas. Orbitaalliikumise tekkimine inertsi ja kesktõmbejõu koostoime tagajärjena.

## PÕHIMÕISTED

resultantjõud, keha impulss, impulsi jäävuse seadus, raskusjõud, keha kaal, kaalutus, toereaktsioon, rõhumisjõud, rõhk, elastsusjõud, jäikustegur, hõõrdejõud, hõõrdetegur, pöördenurk, periood, sagedus, nurkkiirus, joonkiirus, kesktõmbekiirendus

## PRAKTILISED TÖÖD JA IKT RAKENDAMINE

- Liugehõõrdeteguri määramine, kasutades dünamomeetrit või kaldpinda (kohustuslik praktiline töö).
- Kesktõmbekiirenduse määramine kas praktiliselt või siis kasutades vastavat arvutisimulatsiooni.
- Tutvumine planeetide liikumise seaduspärasustega, kasutades vastavat arvutisimulatsiooni.

---

## VÕNKUMISED JA LAINED

### ÕPITULEMUSED

1. nimetab vabavõnkumise ja sundvõnkumise olulisi tunnuseid ning toob näiteid nende esinemise kohta looduses ja tehnikas;
2. tunneb füüsikaliste suuruste (hälve, amplituud, periood, sagedus ja faas) tähendust, mõõtühikuid ning mõõtmisviisi;
3. kasutab probleeme lahendades seoseid  $\varphi = \omega t$  ja  $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$  võnkumiste kontekstis;
4. seletab energia muundumisi pendli võnkumisel;
5. teab, et võnkumiste korral sõltub hälve ajast ning, et seda sõltuvust kirjeldab siinus- või koosinus funktsioon;
6. nimetab resonantsi olulisi tunnuseid ning toob näiteid selle esinemise kohta looduses;
7. nimetab pikilaine ja ristlaine olulisi tunnuseid;

8. tunneb füüsikaliste suuruste (lainepikkus, laine levimiskiirus, periood ja sagedus) tähendust, mõõtühikuid ning mõõtmisviisi;
9. kasutab probleeme lahendades seoseid  $v = \frac{\lambda}{T}$ ,  $T = \frac{1}{f}$  ja  $v = \lambda f$  ;
10. nimetab lainenähtuste: peegeldumine, murdumine, interferents ja difraktsioon, olulisi tunnuseid;
11. toob näiteid lainenähtuste kohta looduses ja tehnikas.

## ÕPPESISU

Võnkumine kui perioodiline liikumine (kvalitatiivselt). Pendli võnkumise kirjeldamine: hälve, amplituud, periood, sagedus, faas. Energia muundumine võnkumisel. Hälbe sõltuvus ajast, selle esitamine graafiliselt ning siinus- või koosinusfunktsiooniga. Võnkumised ja resonants looduses ning tehnikas. Lained. Piki- ja ristlained. Lainet iseloomustavad suurused: lainepikkus, kiirus, periood ja sagedus. Lainetega kaasnevad nähtused: peegeldumine, murdumine, interferents, difraktsioon. Lained ja nendega kaasnevad nähtused looduses ning tehnikas.

## PÕHIMÕISTED

võnkumine, hälve, amplituud, periood, sagedus, faas, vabavõnkumine, sundvõnkumine, pendel, resonants, laine, pikilaine, ristlaine, lainepikkus, peegeldumine, murdumine, interferents, difraktsioon

## PRAKTILISED TÖÖD JA IKT RAKENDAMINE

- Matemaatilise pendli ja vedrupendli võnkumiste uurimine demokatse ja arvutisimulatsiooni abil.
- Tutvumine lainenähtustega demokatse või interaktiivse õppevideo vahendusel.

---

## JÄÄVUSSEADUSED MEHAANIKAS

### ÕPITULEMUSED

Kursuse lõpul õpilane:

- 1) seletab reaktiivliikumise nähtust, seostades seda impulsi jäävuse seadusega, toob näiteid reaktiivliikumisest looduses ja rakendustest tehnikas;
- 2) seletab füüsikalise suuruse mehaaniline energia tähendust ning kasutab probleemide lahendamisel seoseid  $E_k = \frac{mv^2}{2}$ ,  $E_p = mgh$  ja  $E_{mech} = E_k + E_p$  ;
- 3) rakendab mehaanilise energia jäävuse seadust ning mõistab selle erinevust üldisest energia jäävuse seadusest.

## ÕPPESISU

Impulsi jäävuse seadus ja reaktiivliikumine, nende ilmumine looduses ja rakendused tehnikas. Mehaaniline energia. Mehaanilise energia jäävuse seadus. Mehaanilise energia muundumine teisteks energia liikideks. Energia jäävuse seadus looduses ja tehnikas.

## PÕHIMÕISTED

reaktiivliikumine, mehaanilise energia jäävuse seadus, energia muundumine

## PRAKTILISED TÖÖD JA IKT RAKENDAMINE

- Tutvumine reaktiivliikumise ning jäävusseadustega mehaanikas demokatses või arvutisimulatsiooni abil.

## III KURSUS "ELEKTROMAGNETISM"

### ELEKTRIVÄLI JA MAGNETVÄLI

#### Õpitulemused

Kursuse lõpul õpilane:

1. eristab sõna laeng kolme tähendust: a) keha omadus osaleda mingis vastastikmõjus, b) seda omadust kirjeldav füüsikaline suurus ning c) osakeste kogum, millel on kõnealune omadus;
2. teab elektrivoolu kokkuleppelist suunda, seletab voolu suuna sõltumatust laengukandjate märgist ning kasutab probleemide lahendamisel valemit ;
3. teab, et magnetväljal on kaks põhimõtteliselt erinevat võimalikku tekitajat – püsिमagnet ja vooluga juhe, elektrostaatilisel väljal aga ainult üks – laetud keha, seletab nimetatud asjaolu ilmumist väljade geometrias;
4. kasutab probleeme lahendades Coulomb'i ja Ampere'i seadust ja ;
5. teab elektrivälja tugevuse ja magnetinduktsiooni definitsioone ning oskab rakendada definitsioonivalemeid ja ;
6. kasutab elektrivälja tugevuse ja magnetinduktsiooni vektorite suundade määramise eeskirju;
7. tunneb Oersted'i katsest tulenevaid sirgjuhtme magnetvälja geomeetrilisi omadusi, kasutab Ampere'i seadust kujul  $F = B I l \sin \alpha$  ja rakendab vastava jõu suuna määramise eeskirja;
8. kasutab probleeme lahendades valemeid , ja ;
9. seletab erinevusi mõistete: pinge ja potentsiaal, kasutamises;
10. joonistab kuni kahe väljatekitaja korral elektrostaatilise välja E-vektorit ning juhtmelõigu või püsिमagneti magnetvälja B-vektorit etteantud punktis, joonistab nende väljade jõujooni ja elektrostaatilise välja ekvipotentsiaalpinde;
11. teab, et kahe erinimiselt laetud plaadi vahel tekib homogeenne elektriväli ning solenoidis tekib homogeenne magnetväli; oskab joonistada nende väljade jõujooni.

#### ÕPPESISU

Elektrilaeng. Positiivsed ja negatiivsed laengud. Elementaarlaeng. Laengu jäävuse seadus. Elektrivool. Coulomb'i seadus. Punktilaeng. Ampere'i seadus. Püsिमagnet ja vooluga juhe. Elektri magnetvälja kirjeldavad vektorsuurused elektrivälja tugevus ja magnetinduktsioon. Punktilaengu väljatugevus ja sirgvoolu magnetinduktsioon. Elektrivälja potentsiaal ja pinged. Pinge ja väljatugevuse seos. Välja visualiseerimine: välja jõujoon ja ekvipotentsiaalpinde. Homogeenne elektriväli kahe erinimiselt laetud plaadi vahel, homogeenne magnetväli solenoidis.

#### PÕHIMÕISTED

elektrilaeng, elementaarlaeng, voolutugevus, punktlaeng, püsimagnet, aine magneetumine, magnetnõel, elektriväli, magnetväli, elektrivälja tugevus, magnetinduktsioon, potentsiaal, pinge, jõujoon, ekvipotentsiaalpind, homogeenne väli. Mõõtühikud: amper, kulon, volt, elektronvolt, volt meetri kohta, tesla

#### PRAKTILISED TÖÖD JA IKT RAKENDAMINE

- Elektrostaatika seaduspärasuste praktiline uurimine kahe elektripendli (niidi otsas rippuva elektriseeritud fooliumsilindri) abil või sama uuringu arvutisimulatsioon.
- Kahe juhtme magnetilise vastastikmõju uurimine demokatses või arvutisimulatsiooni abil.

---

#### ELEKTROMAGNETVÄLI

##### ÕPITULEMUSED

Kursuse lõpul õpilane:

1. rakendab probleemide lahendamisel Lorentzi jõu valemit  $FL = qvB \sin \alpha$  ning oskab määrata Lorentzi jõu suunda;
2. rakendab magnetväljas liikuva juhtmelõigu otstele indutseeritava pinge valemit  $U = v l B \sin \alpha$  ;
3. kasutab elektromotoorjõu mõistet ja teab, et induktsiooni elektromotoorjõud on kõigi indutseeritavate pingete summa;
4. seletab füüsikalise suuruse magnetvoog tähendust, teab magnetvoo definitsiooni ja kasutab probleemide lahendamisel magnetvoo definitsioonivalemit  $\Phi = BS \cos \beta$  ;
5. seletab näite varal Faraday induktsiooniseaduse kehtivust ja kasutab probleemide lahendamisel valemit  $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  ;
6. seletab pööriselektrivälja tekkimist magnetvoo muutumisel;
7. seletab mõistet eneseinduktsioon;
8. teab füüsikaliste suuruste (mahtuvus ja induktiivsus) definitsioone ning nende suuruste mõõtühikuid, kasutab probleemide lahendamisel seoseid:  $C = \frac{\Delta q}{\Delta U}$  ja  $L = \frac{\Delta\Phi}{\Delta I}$  ;
9. teab, et kondensaatoreid ja induktiivpoole kasutatakse vastavalt elektrivälja või magnetvälja energia salvestamiseks;
10. kasutab probleemide lahendamisel elektrivälja ning magnetvälja energia valemeid:  $E_e = \frac{CU^2}{2}$  ja  $E_m = \frac{LI^2}{2}$  .

##### ÕPPESISU

Liikuvale laetud osakesele mõjuv magnetjõud. Magnetväljas liikuva juhtmelõigu otstele indutseeritav pinge. Faraday katsed. Induktsiooni elektromotoorjõud. Magnetvoo mõiste. Faraday induktsiooniseadus. Lenzi reegel. Kondensaator ja induktiivpool. Mahtuvus ja induktiivsus. Elektromagnetvälja energia.

##### PÕHIMÕISTED

Lorentzi jõud, elektromagnetilise induksiooni nähtus, pööriselektriväli, induksiooni elektromotoorjõud, magnetvoog, kondensaator, mahtuvus, endainduksioon, induktiivsus, elektromagnetväli. Mõõtühikud: veeber, farad ja henri.

#### PRAKTILISED TÖÖD JA IKT RAKENDAMINE

- Poolis tekkivat induksiooni elektromotoorjõudu mõjutavate tegurite uurimine (kohustuslik praktiline töö). Praktiline töö kahe raudsüdamikuga juhtmepooli, vooluallika, püsिमagneti ja galvanomeetrina töötava mõõteriista abil.
- Tutvumine kondensaatorite ja induktiivpoolide talitluse ning rakendustega demokatsete või arvutisimulatsioonide abil.

---

### ELEKTROMAGNETLAINED

#### ÕPITULEMUSED

Kursuse lõpul õpilane:

1. selgitab valguse korral dualismiprintsiipi ja selle seost atomistliku printsiibiga;
2. rakendab probleemide lahendamisel kvandi energia valemit  $E_{kv} = hf$  ;
3. teab, et valguse laineomadused ilmnevad valguse levimisel, osakese-omadused aga valguse tekkimisel (kiirgumisel) ning kadumisel (neeldumisel);
4. kirjeldab elektromagnetlainete skaalat, määratleb etteantud spektraalparameetriga elektromagnetkiirguse kuuluvana selle skaala mingisse kindlasse piirkonda;
5. leiab ühe etteantud spektraalparameetri (lainepikkus vaakumis, sagedus, kvandi energia) põhjal teisi;
6. teab nähtava valguse lainepikkuste piire ja põhivärvuste lainepikkuste järjestust;
7. teab lainete amplituudi ja intensiivsuse mõisteid ning oskab probleemide lahendamisel neid kasutada;
8. seletab valguse koherentsuse tingimusi ja nende täidetuse vajalikkust vaadeldava interferentsipildi saamisel;
9. seletab joonise järgi interferentsi- ja difraktsiooninähtusi optikas;
10. seletab polariseeritud valguse olemust.

#### ÕPPESISU

Elektromagnetlainete skaala. Lainepikkus ja sagedus. Optika – õpetus valguse tekkimisest, levimisest ja kadumisest. Valguse dualism ja dualismiprintsiip looduses. Footoni energia. Valguse värvuse ja lainepikkuse seos. Elektromagnetlainete amplituud ja intensiivsus. Difraktsioon ja interferents, nende rakendusnäited. Polariseeritud valgus, selle saamine, omadused ja rakendused.

#### PÕHIMÕISTED

elektromagnetlaine, elektromagnetlainete skaala, lainepikkus, sagedus, kvandi (footoni) energia, dualismiprintsiip, amplituud, intensiivsus, difraktsioon, interferents, polarisatsioon

#### PRAKTILISED TÖÖD JA IKT RAKENDAMINE

- Ühelt pilult, kaksikpilult ja juuksekarvalt saadava difraktsioonipildi uurimine laseriga, pilu laiuse ja difraktsioonipildi laiuse pöörvõrdelisuse kindlakstegemine kas praktilise töö käigus või arvutimudeli abil.

---

## VALGUSE JA AINE VASTASTIKMÕJU

### Õpitulemused

Kursuse lõpul õpilane:

1. tunneb valguse murdumisseadust;
2. kasutab seoseid  $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$  ja  $n = \frac{c}{v}$ ;
3. konstrueerib kiirte käiku kumer- ja nõugsläätse korral;
4. kasutab läätse valemit kumer- ja nõugsläätse korral korral:  $\frac{1}{a} \pm \frac{1}{k} = \frac{1}{f}$ ;
5. teab nähtava valguse lainepikkuste piire ja põhivärvuste lainepikkuste järjestust;
6. kirjeldab valge valguse lahtumist spektriiks prisma ja difraktsioonvõre näitel;
7. tunneb spektrite põhiliike ja teab, mis tingimustel nad esinevad;
8. eristab soojuskiirgust ja luminesentsi, toob näiteid vastavatest valgusallikatest.

### ÕPPESISU

Valguse peegeldumine ja murdumine. Murdumisseadus. Murdumisnäitaja seos valguse kiirusega. Kujutise tekitamine läätse abil ja läätse valem. Valguse dispersioon. Spektroskoobi töö põhimõtte. Spektraalanalüüs. Valguse kiirgumine. Soojuskiirgus ja luminesents.

### PÕHIMÕISTED

peegeldumine, murdumine, absoluutne ja suhteline murdumisnäitaja, koondav ja hajutav lääts, fookus, fookuskaugus, aine dispersioon, prisma, spektraalriist, soojuskiirgus, luminesents

### PRAKTILISED TÖÖD JA IKT RAKENDAMINE

- Läbipaistva aine murdumisnäitaja määramine (kohustuslik praktiline töö).
- Tutvumine eritüübiliste valgusallikatega.

## IV KURSUS „ENERGIA“

---

### ELEKTRIVOOL

#### Õpitulemused

Kursuse lõpul õpilane:

1. seletab elektrivoolu tekkemehhanismi mikrotasemel, rakendades seost  $I = qn v S$ ;
2. kasutab probleemide lahendamisel seost  $R = \rho \frac{l}{S}$ ;



3. rakendab probleemide lahendamisel Ohmi seadust vooluringi osa ja kogu vooluringi kohta:  $I = \frac{U}{R}$ ,  $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$  ning elektrivoolu töö ja võimsuse avaldisi  $A = IU\Delta t$ ,  $N = IU$ ;
4. arvutab elektrienergia maksumust ning planeerib selle järgi uute elektriseadmete kasutuselevõttu;
5. teab, et metallkeha takistus sõltub lineaarselt temperatuurist ning teab, kuidas takistuse temperatuurisõltuvus annab infot takistuse tekkemehhanismi kohta;
6. kirjeldab pooljuhi oma- ja lisandjuhtivust, sh elektron- ja aukjuhtivust;
7. teab, et pooljuhtelektroonika aluseks on pn-siire kui erinevate juhtivustüüpidega pooljuhtide ühendus; seletab jooniste abil pn-siirde käitumist päri- ja vastupingestamisel;
8. kirjeldab pn-siirde toimimist valgusdiodis ja ventiil-fotoelemendis (fotorakus);
9. tunneb juhtme, vooluallika, lüliti, hõõglambi, takisti, diodi, reostaadi, kondensaatori, induktiivpooli, ampermeetri ja voltmeetri tingmärke ning kasutab neid lihtsamaid elektriskeeme lugedes ja konstrueerides;
10. kasutab multimeetrit voolutugevuse, pinge ja takistuse mõõtmiseks.

## ÕPPESISU

Elektrivoolu tekkemehhanism. Ohmi seaduse olemus. Juhi takistus ja aine eritakistus. Metallkeha takistuse sõltuvus temperatuurist. Ülijuhtivus. Ohmi seadus kogu vooluringi kohta. Vooluallika elektromotoorjõud ja sisetakistus. Vedelike, gaaside ja pooljuhtide elektrijuhtivus. pn-siire. Pooljuhtelektroonika alused. Valgusdiodid ja ventiil-fotoelement (fotorakk). Voltmeetri, ampermeetri ja multimeetri kasutamine.

## PÕHIMÕISTED

alalisvool, laengukandjate kontsentratsioon, elektritakistus, vooluallika elektromotoorjõud ja sisetakistus, aine eritakistus, takistuse temperatuuritegur, ülijuhtivus, kriitiline temperatuur, pooljuhi oma- ja lisandjuhtivus, pn-siire, elektrivoolu töö ja võimsus. Ühikud: oom, oom korda meeter, kilovatt-tund

## PRAKTILISED TÖÖD JA IKT RAKENDAMINE

- Voolutugevuse, pinge ja takistuse mõõtmine multimeetriga (kohustuslik praktiline töö).
- Tutvumine demokatses lihtsamate pooljuhtelektroonika seadmetega (diodid, valgusdiodid, fotorakk).
- Vooluringide talitluse uurimine vastavate arvutisimulatsioonide abil.

---

## ELEKTROMAGNETISMI RAKENDUSED

### ÕPITULEMUSED

Kursuse lõpul õpilane:

1. kirjeldab vahelduvvoolu kui laengukandjate sundvõnkumist;
2. teab, et vahelduvvoolu korral sõltuvad pinge ja voolutugevus perioodiliselt ajast ning et seda sõltuvust kirjeldab siinus- või koosinusfunktsioon;
3. kirjeldab generaatori ja elektrimootori tööpõhimõtet;

4. kirjeldab trafot kui elektromagnetilise induksiooni nähtusel põhinevat seadet vahelduvvoolu pinge ja voolutugevuse muutmiseks, kusjuures trafo primaar- ja sekundaarpinge suhe võrdub ligikaudu primaar- ja sekundaarmähise keerdude arvude suhtega;
5. arvutab vahelduvvoolu võimsust aktiivtarviti korral ning seletab graafiliselt voolutugevuse ja pinge efektiivväärtuste  $I$  ja  $U$  seost amplituudväärtustega  $I_m$  ja  $U_m$ ,  $N = IU = \frac{I_m U_m}{2} = \frac{I_m U_m}{\sqrt{2} \sqrt{2}}$ ;
6. kirjeldab võnkeringi kui raadiolainete kiirgamise ja vastuvõtu baasseadet;
7. kirjeldab elektriohutuse nõudeid ning sulav-, bimetall- ja rikkevoolukaitsme tööpõhimõtet õnnetuste ärahoidmisel;
8. nimetab elektrienergia jaotusvõrgu ohutu talitluse tagamise põhimõtteid;
9. kirjeldab elektromagnetismi olulisemaid rakendusi, näiteks raadioside, televisioon, radarid, globaalne punktiseire (GPS).

## ÕPPESISU

Vahelduvvool kui laengukandjate sundvõnkumine. Vahelduvvoolu saamine ja kasutamine. Generaator ja elektrimootor. Elektrienergia ülekanne. Trafod ja kõrgepingeliinid. Vahelduvvooluvõrk. Faas ja neutraal. Elektriohutus. Vahelduvvoolu võimsus aktiivtakistusel. Voolutugevuse ja pinge efektiivväärtused. Elektromagnetlainete rakendused: raadioside, televisioon, radarid, GPS (globaalne punktiseire).

## PÕHIMÕISTED

elektromagnetvõnkumine, vahelduvvool, generaator, elektrimootor, võnkering, trafo, primaarmähis, sekundaarmähis, faasijuhe, neutraaljuhe, kaitsemaandus, võimsus aktiivtakistusel, voolutugevuse ning pinge efektiiv- ja hetkväärtused

## PRAKTILISED TÖÖD JA IKT RAKENDAMINE

- Tutvumine trafode ja võnkeringide talitluse ning rakendustega demokatse või arvutimudeli abil.
- Tutvumine elektromagnetismi rakendustega interaktiivse õppevideo abil.

---

## SOOJUSNÄHTUSED

### ÕPITULEMUSED

Kursuse lõpul õpilane:

1. tunneb mõistet siseenergia ning seletab soojusenergia erinevust teistest siseenergia liikidest;
2. mõistab temperatuuri kui soojusastet, seletab temperatuuri seost molekulide kaootilise liikumise keskmise kineetilise energiaga;
3. tunneb Celsiuse ja Fahrenheiti temperatuuriskaalasid ning teab mõlemas skaalas olulisi temperatuure, nt (0 °C, 32 °F), (36 °C, 96 °F) ja (100 °C, 212 °F);
4. kirjeldab Kelvini temperatuuriskaalat, oskab üle minna Celsiuse skaalalt Kelvini skaalale ning vastupidi, kasutades seost  $T = t (^{\circ}C) + 273 K$ ;
5. nimetab mudeli ideaalgaas olulisi tunnuseid;
6. kasutab probleemide lahendamisel seoseid  $E_k = \frac{3}{2} kT$ ;  $p = nkT$ ;  $pV = \frac{m}{M} RT$ ;

7. määrab graafikutelt isoprotsesside parameetreid.

## ÕPPESISU

Siseenergia ja soojusenergia. Temperatuur kui soojusaste. Celsiuse, Kelvini ja Fahrenheiti temperatuuriskaalad. Ideaalgaas ja reaalkaas. Ideaalgaasi olekuvõrrand. Isoprotsessid. Gaasi olekuvõrrandiga seletatavad nähtused looduses ja tehnikas. Mikro- ja makroparameetrid, nende vahelised seosed. Molekulaarkineetilise teooria põhialused. Temperatuuri seos molekulide keskmise kineetilise energiaga.

## PÕHIMÕISTED

siseenergia, soojusenergia, temperatuur, temperatuuriskaala, makroparameeter, mikroparameeter, gaasi rõhk, ideaalgaas, olekuvõrrand, molaarmass, molekulide kontsentratsioon, isotermiline, isobaariline ja isohooriline protsess

## PRAKTILISED TÖÖD JA IKT RAKENDAMINE

- Tutvumine soojusnähtustega arvutimudeli abil.

---

## TERMODÜNAAMIKA JA ENERGEETIKA ALUSED

### ÕPITULEMUSED

Kursuse lõpul õpilane:

- 1) seletab soojusenergia muutumist mehaanilise töö või soojusülekanne vahendusel ning toob selle kohta näiteid loodusest, eristades soojusülekanne liike;
- 2) sõnastab termodünaamika I printsiibi ja seostab seda valemiga  $Q = \Delta U + A$  ;
- 3) sõnastab termodünaamika II printsiibi ja seletab kvalitatiivselt entroopia mõistet;
- 4) seostab termodünaamika printsiipe soojusmasinatega;
- 5) leiab ideaalse soojusmasina kasutegurise seosest  $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$  ja võrdleb tulemust reaalse soojusmasina kasuteguriga;
- 6) teab, et energeetika ülesanne on muundada üks energialiik teiseks;
- 7) teab, et termodünaamika printsiipidest tulenevalt kaasneb energiakasutusega vältimatult saastumine;
- 8) kirjeldab olulisemaid taastumatuid ja taastuvaid energiaallikaid, tuues esile nende osatähtsuse Eestis ja maailmas;
- 9) kirjeldab Eesti ja ülemaailmse energeetika tähtsamaid arengusuundi.

## ÕPPESISU

Soojusenergia muutmise viisid: mehaaniline töö ja soojusülekanne. Soojusülekanne liigid: otsene soojusvahetus, soojuskiirgus ja konvektsioon. Soojushulk. Termodünaamika I printsiip, selle seostamine isoprotsessidega. Adiabaatiline protsess. Soojusmasina tööpõhimõte, soojusmasina kasutegur, soojusmasinad looduses ja tehnikas. Termodünaamika II printsiip. Pööratavad ja pöördumatud protsessid looduses. Entroopia. Elu Maal energia ja entroopia aspektist lähtuvalt. Termodünaamika printsiipide teadvustamise ja arvestamise vajalikkus. Energiaülekanne looduses ja tehnikas. Soojus-, valgus-, elektri-, mehaaniline ja tuumaenergia.

Energeetika alused ning tööstuslikud energiaallikad. Energeetilised globaalprobleemid ja nende lahendamise võimalused. Eesti energiavajadus, energeetikaprobleemid ja nende lahendamise võimalused.

## PÕHIMÕISTED

soojushulk, soojusenergia, soojusülekanne, konvektsioon, adiabaatiline protsess, pööratav ja pöördumatu protsess, soojusmasin, entroopia, energeetika

## PRAKTILISED TÖÖD JA IKT RAKENDAMINE

- Erinevate ainete soojusjuhtivuse uurimine (osaluskatse).
- Tutvumine termodünaamika printsiipidega arvutimudeli abil.
- Tutvumine energeetika alustega interaktiivse õppevideo abil.

## V KURSUS "MIKRO- JA MEGAMAAILMA FÜÜSIKA"

---

### AINE EHITUSE ALUSED

#### ÕPITULEMUSED

Kursuse lõpul õpilane:

1. kirjeldab mõisteid: gaas, vedelik, condensaine ja tahkis;
2. nimetab reaalgasid omaduste erinevusi ideaalgasid mudelist;
3. kasutab õigesti mõisteid: küllastunud aur, absoluutne niiskus, suhteline niiskus, kastepunkt;
4. seletab nähtusi: märgamine ja kapillaarsus ning oskab tuua näiteid loodusest ja tehnikast;
5. kirjeldab aine olekut kasutades õigesti mõisteid: faas ja faasisiire;
6. seletab faaside muutusi erinevatel rõhkudel ja temperatuuridel;
7. kasutab hügromeetrit.

#### ÕPPESISU

Aine olekud, nende sarnasused ja erinevused. Aine olekud mikrotasemel. Veeaur õhus. Õhuniiskus. Küllastunud ja küllastumata aur. Absoluutne ja suhteline niiskus, kastepunkt. Ilmastikunähtused. Molekulaarjõud. Vedelike omadused: voolavus ja pindpinevus. Märgamine, kapillaarsus ja nende ilmumine looduses. Faasisiirded ja siirdesoojused.

## PÕHIMÕISTED

aine olek, gaas, vedelik, condensaine, tahkis, reaalgas, küllastunud aur, absoluutne ja suhteline niiskus, kastepunkt, hügromeeter, märgamine, kapillaarsus, faas ja faasisiire

## PRAKTILISED TÖÖD JA IKT RAKENDAMINE

- Õhuniiskuse mõõtmine (kohustuslik praktiline töö).
- Tutvumine aine faaside ja faasisiiretega arvutimudeli abil.

## ÕPITULEMUSED

Kursuse lõpul õpilane:

1. nimetab välis- ja sisefotoefekti olulisi tunnuseid, kirjeldab fotoefekti kui footonite olemasolu eksperimentaalset tõestust;
2. nimetab kvantmehaanika erinevusi klassikalisest mehaanikast, seletab dualismiprintsiibi abil osakeste leiulaineid;
3. tunneb mõistet seisulaine; teab, et elektronorbitaalidele aatomis vastavad elektroni leiulaine kui seisulaine kindlad kujud;
4. kirjeldab elektronide difraktsiooni kui kvantmehaanika aluskatset;
5. nimetab selliste füüsikaliste suuruste paare, mille vahel valitseb määramatusseos;
6. kirjeldab nüüdisaegset aatomimudelit nelja kvantarvu abil;
7. seletab eriseoseenergia mõistet ja eriseoseenergia sõltuvust massiarvust;
8. kirjeldab tähtsamaid tuumareaktsioone (lõhustumine ja süntees), rõhutades massiarvu ja laenguarvu jäävuse seaduste kehtivust tuumareaktsioonides;
9. kasutab õigesti mõisteid: radioaktiivsus ja poolestusaeg;
10. kasutab radioaktiivse lagunemise seadust seletamaks radioaktiivse dateerimise meetodi olemust, toob näiteid selle meetodi rakendamise kohta;
11. seletab tuumareaktorite üldist tööpõhimõtet ning analüüsib tuumaenergeetika eeliseid ja sellega seonduvaid ohte (radioaktiivsed jäätmed, avariid jaamades ja hoidlates);
12. nimetab ioniseeriva kiirguse liike ja allikaid, kirjeldab ioniseeriva kiirguse erinevat mõju elusorganismidele ja võimalusi kiirgusohu vähendamiseks.

## ÕPPESISU

Välis- ja sisefotoefekt. Aatomimudelid. Osakeste leiulained. Kvantmehaanika. Elektronide difraktsioon. Määramatusseos. Nüüdisaegne aatomimudel. Aatomi kvantarvud. Aatomituuma ehitus. Massidefekt. Seoseenergia. Eriseoseenergia. Tuumareaktsioonid. Tuumaenergeetika ja tuumarelv. Radioaktiivsus. Poolestusaeg. Radioaktiivne dateerimine. Ioniseerivad kiirgused ja nende toimed. Kiirguskaitse.

## PÕHIMÕISTED

välis- ja sisefotoefekt, kvantarv, energiatase, kvantmehaanika, määramatusseos, tuumajõud, massidefekt, seoseenergia, eriseoseenergia, tuumaenergeetika, tuumarelv, radioaktiivsus, poolestusaeg, radioaktiivne dateerimine, ioniseeriv kiirgus, kiirguskaitse

## PRAKTILISED TÖÖD JA IKT RAKENDAMINE

- Tutvumine aatomimudelite ja kvantmehaanika alustega arvutisimulatsioonide abil.
- Tutvumine radioaktiivsuse, ioniseerivate kiirguste ja kiirguskaitse temaatikaga arvutisimulatsioonide abil.
- Tutvumine tuumatehnoloogiate, tuumarelva toime ja tuumaohutusega õppevideo vahendusel.

### ÕPITULEMUSED

Kursuse lõpul õpilane:

1. nimetab astronoomia vaatlusvahendeid;
2. seletab taevakaardi füüsilise tõlgenduse aluseid ja füüsilisi hinnanguid peamistele astraalmütoloogilistele kujutelmadele;
3. kirjeldab mõõtmete ja liikumisviisi aspektis Päikesesüsteemi põhilisi koostisosi: Päike, planeedid, kaaslased, asteroidid, komeedid, meteorkehad;
4. seletab kvalitatiivselt süsteemiga Päike-Maa-Kuu seotud nähtusi: aastaegade vaheldumist, Kuu faase, varjutusi, taevakehade näivat liikumist;
5. kirjeldab Päikese ja teiste tähtede keemilist koostist ja ehitust, nimetab kiiratava energia allika;
6. kirjeldab kvalitatiivselt Päikesesüsteemi tekkimist, tähtede evolutsiooni, Linnutee koostist ja ehitust ning Universumi tekkimist Suure Paugu teooria põhjal.

### ÕPPESISU

Vaatlusastronoomia. Vaatlusvahendid ja nende areng. Tähtkujud. Taevakaardid. Astraalmütoloogia ja füüsika. Maa ja Kuu perioodiline liikumine aja arvestuse alusena. Kalender. Kuu faasid. Varjutused. Päikesesüsteemi koostis, ehitus ja tekkimise hüpoteesid. Päike ja teised tähed. Tähtede evolutsioon. Galaktikad. Meie kodugalaktika Linnutee. Universumi struktuur. Suur Pauk. Universumi evolutsioon. Eesti astronoomide panus astrofüüsikasse ja kosmoloogiasse.

### PÕHIMÕISTED

observatoorium, teleskoop, kosmoseteleskoop, taevakaart, tähtkuju, Päikesesüsteem, planeet, planeedikaaslane, tehiskaaslane, asteroid, komeet, meteorkeha, täht, galaktika, Linnutee, kosmoloogia, Suur Pauk

### PRAKTILISED TÖÖD JA IKT RAKENDAMINE

- Tutvumine Päikesesüsteemi ja Universumi ehitusega arvutisimulatsioonide vahendusel.

### ÕPPETEGEVUS

Õppetegevust kavandades ja korraldades:

- 1) lähtutakse õppekava alusväärtustest, üldpädevustest, õppeaine eesmärkidest, õppesisust ja eeldatavatest õpitulemustest ning toetatakse lõimingut teiste õppeainete ja läbivate teemadega;
- 2) taotletakse, et õpilase õpikoormus (sh kodutööde maht) on mõõdukas, jaotub õppeaasta ulatuses ühtlaselt ning jätab piisavalt aega nii huvitegevuseks kui ka puhkuseks;
- 3) võimaldatakse nii individuaal- kui ka ühisõpet (iseseisvad, paaris- ja rühmatööd, õppekäigud, praktilised tööd, töö arvutipõhiste õpikeskkondadega ning veebimaterjalide ja teiste teabeallikatega), mis toetavad õpilaste kujunemist aktiivseteks ja iseseisvateks õppijateks;

- 4) kasutatakse diferentseeritud õpiülesandeid, mille sisu ja raskusaste toetavad individualiseeritud käsitlust ning suurendavad õpimotivatsiooni;
- 5) rakendatakse IKT-l põhinevaid õpikeskkondi, õppematerjale ja -vahendeid;
- 6) laiendatakse õpikeskkonda: arvutiklass, kooliümbrus, looduskeskkond, muuseumid, näitused, ettevõtted jne;
- 7) toetab avar õppemetoodiline valik aktiivõpet: rollimängud, arutelud, väitlused, projektõpe, õpimapi ja uurimistöö koostamine, praktilised ja uurimuslikud tööd (nt loodusobjektide ja protsesside vaatlemine ning analüüs, protsesse ja objekte mõjutavate tegurite mõju selgitamine, komplekssete probleemide lahendamine) jne.

## FÜÜSILINE ÕPIKESKKOND

1. Praktiliste tööde läbiviimiseks korraldab kool vajadusel õppe rühmades.
2. Kool korraldab valdava osa õpet klassis, kus on soe ja külm vesi, valamud, elektrikistid ning IKT-vahendid.
3. Kool võimaldab ainekavas nimetatud praktiliste tööde tegemiseks katsevahendid ja -materjalid ning demonstratsioonivahendid.
4. Kool võimaldab sobivad hoiutingimused praktiliste tööde ja demonstratsioonide tegemiseks ning vajalike materjalide kogumiseks ja säilitamiseks.
5. Kool võimaldab kooli õppekava järgi vähemalt kaks korda õppeaastas õpet väljaspool kooli territooriumi (looduskeskkonnas, muuseumis ja/või laboris).
6. Kool võimaldab ainekava järgi õppida arvutiklassis, kus saab teha ainekavas loetletud töid.

## HINDAMINE

Õpitulemusi hinnates lähtutakse gümnaasiumi riikliku õppekava üldosa ja teiste hindamist reguleerivate õigusaktide käsitlusest. Hinnatakse õpilase teadmisi ja oskusi suuliste vastuste (esituste), kirjalike ja praktiliste tööde ning praktiliste tegevuste alusel, arvestades õpilase teadmiste ja oskuste vastavust ainekavas taotletud õpitulemustele. Õpitulemusi hinnatakse sõnaliste hinnangute ja numbriliste hinnetega. Kirjalikke ülesandeid hinnates arvestatakse eelkõige töö sisu, kuid parandatakse ka õigekirjavead, mida hindamisel ei arvestata. Õpitulemuste kontrollimise vormid on mitmekesised ning vastavuses õpitulemustega. Õpilane peab teadma, mida ja millal hinnatakse, mis hindamisvahendeid kasutatakse ning mis on hindamise kriteeriumid.

Gümnaasiumi füüsikas jagunevad õpitulemused kahte valdkonda: 1) mõtlemistasandite arendamine füüsika kontekstis, 2) uurimuslikud ja otsuste langetamise oskused. Nende suhe hinde moodustumisel on eeldatavalt 70% ja 30%. Madalamat ja kõrgemat järku mõtlemistasandite arengu vahekord õpitulemuste hindamisel on ligikaudu 40% ja 60%. Probleemide lahendamisel hinnatavad üldised etapid on 1) probleemi määratlemine, 2) probleemi sisu avamine, 3) lahendusstrateegia leidmine, 4) strateegia rakendamine ning 5) tulemuste hindamine. Mitme samaväärse lahendiga probleemide (nt dilemmaprobleemide) puhul lisandub neile otsuse tegemine. Dilemmaprobleemide lahendust hinnates arvestatakse, mil määral on suudetud otsuse langetamisel arvestada eri osaliste argumente.

## KASUTATAV ÕPPEKIRJANDUS

- Indrek Peil Füüsika X kl Mehaanika
- Jaan Susi Lootus Lubi Füüsika X kl Soojusõpetus
- Kalev Tarkpea Füüsika XI kl Elekter ja magnetism
- Kalev Tarkpea Füüsika XI kl Elektromagnetism
- Henn Voolaid Füüsika XI kl Optika
- Henn Käämbre Füüsika XII kl Aatom. Molekul. Kristall
- Ain Ainsaar Füüsika XII kl Relatiivsusteooria. Tuumafüüsika. Elementaarosakeste füüsika
- Jaan Jaaniste Füüsika XII kl Kosmoloogia
- Gunnar Karu Nüüdisaegne füüsikaline maailmapilt I