

# Sisukord

Õpiku lugejale . . . . .	7
<b>1. SISSEJUHATUS FÜSIKASSE</b>	
<b>1.1. Füüsika kui loodusteadus . . . . .</b>	<b>10</b>
Füüsika põhikoolis ja gümnaasiumis . . . . .	10
Maailm ja maailmapilt . . . . .	12
Loodus ja loodusteadused . . . . .	14
Füüsika kui eriline loodusteadus . . . . .	18
<b>1.2. Füüsika ja looduse tunnetusprotsess . . . . .</b>	<b>22</b>
Füüsika ja vaateleja. . . . .	22
Tunnetusprotsess füüsis. . . . .	23
Füüsika ja tunnetuspiirid . . . . .	26
Nähtavushorisoni mõiste. . . . .	26
Sisemine ja väline nähtavushorison . . . . .	27
Makro-, mikro- ja megamaailm. . . . .	30
<b>2. FÜSIKA UURIMISMEETOD</b>	
<b>2.1. Loodusteaduslik meetod füüsis . . . . .</b>	<b>36</b>
<b>2.2. Füüsikalised suurused ja mõõtmine . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>2.3. Mõõtühikud . . . . .</b>	<b>42</b>
Mõõtühik ja etalon. . . . .	42
Erinevad mõõtühikud ja ühikute süsteemid . . . . .	43
Rahvusvaheline mõõtühikute süsteem SI . . . . .	44
Meeter, sekund ja kilogramm . . . . .	45
<b>2.4. Mõõtühikute teisendamine. . . . .</b>	<b>49</b>
<b>2.5. Mõõtmise täpsus . . . . .</b>	<b>51</b>
Mõõtmise täpsuspiirid ja mõõtemääramatus . . . . .	51
A- ja B-tüüpi hinnangud mõõtemääramatusele . . . . .	54
<b>2.6. Mõõtmised ja mõõteseadus . . . . .</b>	<b>56</b>
Mõõtmisprotsess ja mõõteseadusandlus . . . . .	56
Mõõtevahendite kontroll ja taatlemine . . . . .	58
<b>2.7. Füüsikalised mudelid . . . . .</b>	<b>60</b>
Loodusteaduslike mudelite liigid . . . . .	60
Mudeli loomine praktikas . . . . .	64

<b>3.</b>	<b>FÜÜSIKA ÜLDMUDELID</b>	
<b>3.1.</b>	<b>Füüsika üldmudelid</b>	<b>70</b>
	Mis on füüsika üldmudelid?	70
	Füüsikalised objektid	71
	Skalaarsed ja vektoriaalsed suurused	72
<b>3.2.</b>	<b>Ruum</b>	<b>76</b>
	Kehade mõõtmed ja pikkus	76
	Ruumi mõiste	77
<b>3.3.</b>	<b>Aeg</b>	<b>79</b>
	Kehade liikumisolek, kiirus ja absoluutne aeg	79
	Liikumiste võrdlemine ja aeg	81
<b>3.4.</b>	<b>Põhjuslikkus ja juhuslikkus</b>	<b>84</b>
	Füüsika ja põhjuslikkus	84
	Põhjuslikkuse liigid	87
	Füüsikast tulenevad võimalused ja füüsikaga seotud ohud	89
<b>3.5.</b>	<b>Printsiibid füüsikas ja atomistikas</b>	<b>93</b>
	Füüsikaline printsiip kui meie teadmiste piir	93
	Aksioomid matemaatikas ja printsiibid füüsikas	94
	Atomistlik printsiip	95
<b>3.6.</b>	<b>Teised füüsikalised printsiibid</b>	<b>98</b>
	Energia miinimumi printsiip	98
	Tõrjutusprintsiip	99
	Superpositsiooniprintsiip	101
<b>3.7.</b>	<b>Absoluutkiiruse printsiip</b>	<b>103</b>
	Füüsika üldmudelid – lõpetuseks	107
<b>4.</b>	<b>KINEMAATIKA</b>	
<b>4.1.</b>	<b>Mehaanika ja liikumine</b>	<b>110</b>
	Mehaanika põhiülesanne	110
	Mehaanika harud	111
	Liikumise mõiste ja suhtelisus	112
	Punktmass ja trajektoor	113
	Liikumise liigid	114
<b>4.2.</b>	<b>Liikumist kirjeldavad suurused</b>	<b>116</b>
	Koordinaadid ja taustsüsteem	116
	Teepikkus ja nihe	117
	Ühtlane sirgjooneline liikumine	119

<b>4.3. Ühtlane sirgjooneline liikumine . . . . .</b>	<b>119</b>
Kiirus . . . . .	120
<b>4.4. Relatiivsuspriintiip . . . . .</b>	<b>122</b>
Aja aeglustumine . . . . .	122
Pikkuste ja kauguste lühenemine, massi suurenemine . . . . .	124
Erinevus klassikalise ja kaasaegse füüsika vahel . . . . .	125
Massi ja energia samaväärsus . . . . .	126
<b>4.5. Ühtlase sirgjoonelise liikumise liikumisvõrrand . . . . .</b>	<b>130</b>
Liikumise kirjeldamise analüütiline ja graafiline meetod . . . . .	130
Liikumisvõrrand . . . . .	130
<b>4.6. Ühtlase sirgjoonelise liikumise liikumisgraafik . . . . .</b>	<b>133</b>
<b>4.7. Muutuv liikumine ja selle kiirus . . . . .</b>	<b>135</b>
Muutuv liikumine . . . . .	135
Hetkkiirus. . . . .	136
<b>4.8. Ühtlaselt muutuv sirgjooneline liikumine . . . . .</b>	<b>139</b>
Ühtlaselt muutuva sirgjoonelise liikumise mõiste . . . . .	139
Muutuva liikumise kiirendus . . . . .	140
Ühtlaselt muutuva liikumise kiiruse sõltuvus ajast. . . . .	141
Kiiruse graafik . . . . .	142
<b>4.9. Ühtlaselt muutuva liikumise nihe, võrrand ja graafik. . . . .</b>	<b>144</b>
Ühtlaselt muutuva liikumise nihe ja liikumisvõrrand . . . . .	144
Ühtlaselt muutuva liikumise graafik. . . . .	146
<b>4.10. Liikumine Maa külgetõmbe mõjul . . . . .</b>	<b>147</b>
Vaba langemine . . . . .	147
Vabalt langeva keha kiiruse ja kõrguse sõltuvus ajast . . . . .	148
<b>4.11. Horisondiga kaldu visatud keha liikumine. . . . .</b>	<b>150</b>
Kinemaatika – lõpetuseks . . . . .	153
Lisa 1: Looduse omadused ja neid kirjeldavad füüsikalised suurused . . . . .	154
Lisa 2: SI põhiühikud* . . . . .	155
SI lisaühikud. . . . .	155
SI eesliited* . . . . .	156
Kreeka tähestik . . . . .	156
Ülesannete vastused. . . . .	157
Indeks . . . . .	158

## Õpiku lugejale

Käesolev õpik on kokku pandud Indrek Peili ja Kalev Tarkpea õpiku „Füüsikalise looduskäsitluse alused“ ja Indrek Peili õpiku „Mehaanika“ alusel, viies nende materjali vastavusse kehtiva riikliku õppekavaga.

Õpiku tekstis on terminid tähistatud **boldis**, tähtsad laused **sinisena**. Lõigud, mis on mõeldud täiendavaks lugemiseks, on *kaldkirjas*.

Soovitame kasutada ka veebiõpikut <http://opik.fyysika.ee>, kust leiab lisaks õpikule ka hulga lisamaterjale.

**Head õppimist!**

# SISSEJUHATUS FÜÜSIKASSE





Enamik kaasaja teaduste juuri ulatub kaugesse antiikaega. Ka füüsika on alguse saanud Vana-Kreeka filosoofide töödest. Sõna *füüsika* tuleb kreekakeelsest sõnast *φυσικός* [fisokos], mis tähendab looduslikku või loomulikku. Nimetus viitab, et tegemist on loodusteadusega. Loodusteadusi teame peale füüsika teisigi. Ent mille poolest erineb füüsika keemiast, bioloogiast või geograafiast? Kuidas on ta nendega seotud? Mis on füüsika põhielemus? Kuidas me üldse saame oma teadmised loodusest?



## 1.1. Füüsika kui loodusteadus

### Füüsika põhikoolis ja gümnaasiumis



*Kuidas panna kokku terviklik maailmapilt?*

Õpik, mille äsja üheskoos avasime, eeldab, et selle kasutajal on juba olemas mingi kogemus füüsikaga. Veidi puutusime füüsikaga kokku juba algkooli ja 7. klassi loodusõpetuse tundides. 8. ja 9. klassis aga läbisime esimese ringi süstemaatilist füüsikaõpet.

Saime teada, et **füüsika uurib looduse kõige üldisemaid ja põhilisemaid seaduspärasusi**. Põhikooli füüsikakursustes alustasime uut teemat enamasti asjakohaste näidetega tavaelust ja tegime suhteliselt lihtsaid katseid. Seejärel püüdsime tulemusi lühidalt kokku võtta, kasutades **füüsika keele oskuse sõnu** ehk füüsikaliste **nähtuste, suuruste** ja nende **mõõtühikute** nimetusi. Selgus, et füüsikalistel suurustel ja mõõtühikutel on olemas kindlad tähised – vastavate ladinakeelsete sõnade esitähed. **Suuruste tähiste abil kirja pandud füüsikalise sisuga lauseid** nimetatati füüsika **valemiteks**. Neid tuli kasutada füüsikaliste arvutusülesannete lahendamisel.

Põhikooli füüsikaõppe sihiks oli anda õpilastele tavaelus toimetulemiseks vajalikke teadmisi ja oskusi. Seejuures vaadeldi ühekaupa füüsikalise looduskäsitluse üksikuid, suurema praktilise väärtusega osi (liikumisõpetus, valgusõpetus, elektriõpetus, soojusõpetus) ning veel ei seatud eesmärgiks neist tervikpildi kujundamist.

**Gümnaasiumi** füüsikaõppe aga ei saa selliste eesmärkidega piirduda. Gümnaasium valmistab noori ette õpinguteks kõrgkoolis. Gümnaasiumi lõpetajalt oodatakse juba mingilgi määral tervikliku maailmapildi olemasolu. Eeldatakse, et ta oskab eristada olulist teavet ebaolulisest ja teaduslikku väidet ebateaduslikust. Temalt oodatakse, et ta suudab eraldada meid tänapäeval ümbritsevast infomerest just konkreetse probleemi lahendamiseks vajalikku infot. **Seetõttu peavad gümnaasiumi füüsikakursused andma süsteemse ülevaate kõigest olulisest, mida kaasaegne füüsika looduse kohta üldse väita suudab.**

Meil tuleb harjuda sellega, et juba gümnaasiumi esimeses füüsikakursuses formuleeritakse peamised **füüsikalised printsiibid** ehk **kõige üldisemad tõdemused looduse kohta**. Printsiipide tõestamist kohe pärast nende sõnastamist eesmärgiks ei seata. **Printsiipide paikapidavust tõestab asjaolu, et loodust vaadeldes me veendume ikka ja jälle nende kehtivuses ning ei näe mitte kusagil erandeid printsiipidest.**

Füüsika õppimist gümnaasiumis alustame **kokkuvõtliku ülevaatega põhifaktidest, millele tugineb kaasaegne füüsikaline maailmapilt**. Need on koondatud käesoleva kursuse kolme esimesse peatükki. Püüame üheskoos mõista, mis on loodus, millega tegeleb füüsika ja mille poolest eristub füüsika teistest loodusteadustest. Füüsikaliste mõistete sisu üritame kõigepealt avada tavakeele sõnadega. Alles viimases peatükis hakkame süstemaatiliselt kasutama füüsika keelt.

Mida öelda siinkohal lõpetuseks? Gümnaasiumi füüsikaõpe on olnud edukas, kui me selle lõpul mõistame, et füüsika ei ole kõigest veidrate sõnade ja märkide süsteem. Vastupidi, füüsika on üks tähtsamaid vahendeid selleks, et end meie maailmas koduselt tunda. Kui füüsikaga ei tegeldaks, siis poleks ka olemas kogu kaasaegset tehnoloogiat ning selle loodud hüvesid. See, et Eestis tegeldakse füüsikaga ja õpetatakse füüsikat, annab Eesti elanikele võimaluse kuuluda nende väga väheste hulka, kes loovad uusi tehnoloogiaid ning kellele ülejäänud osa inimkonnast vastavate hüvede kasutamise eest maksab.



*Tartu ülikooli füüsika instituut Tartus Maarjaväljal. Üks neid kohti Eestis, kus luuakse uusi tehnoloogiaid.*



# Maailm ja maailmapilt

Kui meenutada, mida koolis on loodusainetes juba varem õpetatud, võib üldistades öelda, et õpetatud on seda, mis on seotud meid ümbritsevaga. Meid ümbritsevat nimetatakse tihti maailmaks.

Maailm on lai mõiste. Seda sõna kasutatakse vägagi erinevates tähendustes. Maailmaks võib pidada planeeti Maa koos tema elanikega, ainult inimkonda või kogu universumit. Kui universum on kujuteldamatult suur, siis võib maailm olla ka hoopis pisike – näiteks väikest veetilka seal elutsevate bakteritega ja aatomi sisemust nimetatakse tihti mikromaailmaks. On maailmu, kuhu võivad kuuluda inimesed, aga ka selliseid, mida ilma inimesteta üldse olla ei saa. Ajaloo, kultuuri ja eluviisi järgi jagatakse riigid vanaks, uueks ja kolmandaks maailmaks. Veel räägitakse inimese sisemaailmast ja hauatagusest maailmast. Samuti vee-, taime- ja loomamaailmast, arvuti- maailmast ja isegi mänguasjade kauplusest Laste Maailm.

Maailma mõiste alla saab paigutada kõik, mis olemas on, meie ise oma mõtete ja harjumustega kaasa arvatud. Ühe konkreetse maailma tunnuseks on see, et selle koostisosadel on alati midagi ühist, mis neid seob.

*Ekspereiment on põhilisi loodusest informatsiooni saamise viise. Milline võiks olla vee ja kokkusurutud õhu mahtude suhe, mis lennutab 1,5 l pudeli-raketi kõige kõrgemale?*





*Keskajal ei olnud võimalik meist kaugete objektide kohta infot koguda. Eksperimentideta oletused viivad tihti füüsikast kauge maailmapildi kujunemiseni.*

Füüsikas me hakkame edaspidi nimetama **maailmaks** kõike, mis ümbritseb mistahes konkreetset inimest samamoodi nagu kõiki teisi inimesi. Seega jäävad vaatluse alt välja inimese mõttemaailm, tundemaailm ja muud sellised maailmad. Valdava osa inimeste usk määratletud välismaailma **objektiivsesse** ehk **inimesest sõltumatu** olemasolusse põhinebki sellel, et kõik tervete meeleelunditega inimesed saavad nende elundite abil maailma kohta põhijoontes ühesugust infot. Täheleandamata, et rangelt võttes on igal inimesel oma maailm ja kõik teised inimesed on ühe konkreetse inimese maailma osad.

**Maailmapildiks** on kombeks nimetada **teadmiste süsteemi, mille abil inimene tunnetab teda ümbritsevat maailma ja suhestab end sellega**. Maailmapilt on kogu süstematiseeritud info, mida inimene maailma kohta omab. Võib rääkida ka suure inimgrupi või inimkonna kui terviku **kollektiivsest maailmapildist**, mis on kõigi antud gruppi kuuluvate inimeste maailmapiltide koondvariant. Kui soovitakse rõhutada maailmapilti moodustava info saamise ühesuguseid ehk **universaalseid** füüsikalisi meetodeid, siis kasutatakse sageli maailmaga samas tähenduses mõistet **universum**. Pole midagi füüsikaliselt uuritavat, mis jääks väljapoole universumit.