

Kooste keskeisimmistä fysiikan laeista ja suureista

Fysiikan tehtävien ratkaisemisessa keskeistä on perustella ja nojata luonnon lakeihin. Kaikilla fysiikan osa-alueilla on muutamia keskeisimpiä lakeja, joiden pohjalta suurin osa tehtävien ratkaisusta rakentuu. Tähän on koottu keskeisimpiä lakeja, sääntöjä ja suureita, joiden sisältöjä tai määritelmiä ei aina välttämättä löydy taulukkokirjasta, vaan jotka täytyy osata. Tätä dokumenttia ei missään olosuhteissa tule pitää täysin kattavana, eikä ainoana lähtökohtana ylioppilaskirjoituksiin valmistautumisessa.

Lämpöoppi

Suureita:

- **Lämpötila** t tai T , kuvaa aineen rakenneosien lämpöliikkeen määrää. Kuumemman kappaleen rakenneosat värähtelevät voimakkaammin.
- **Paine** p on tilamuuttuja, joka kuvaa makroskooppisen aineen tilaa mm. tilavuuden ja lämpötilan ohella. Lisäksi paine kuvaa aineen puristustilaa, eli voiman jakautumista pinta-alaa kohti $p = \frac{F}{A}$.
- **Lämpöenergia** Q on aineen rakenneosien värähtelyyn sisältyvää liike-energiaa. Lämpöenergiaa varastoituu kaikkiin kappaleisiin ja se siirtyy lämpötilaerojen tasoittuessa.
- **Lämpökapasiteetti** C (tai ominaislämpökapasiteetti c) kuvaa kappaleen kykyä varastoida lämpöenergiaa. Lämpökapasiteetti kertoo, kuinka monta astetta kappaleen lämpötila nousee, kun siihen tuodaan tietty määrä energiaa. Katso myös sulamislämpö ja höyrystymislämpö.
- **Hyötysuhde** η kertoo kuinka suuri osa minkä tahansa prosessin energian muutoksesta saadaan hyödylliseen käyttöön. Hyötysuhdetta voi käyttää missä tahansa prosessissa voimalaitoksesta sähkölaitteisiin. $\eta = \frac{Q_{hyoty}}{Q_{otto}}$

Termodynamiikan pääsäännöt:

0. Eristetyssä systeemissä eri lämpöiset kappaleet aikaa myöten asettuvat lopulta samaan lämpötilaan. (Lämpö siis virtaa kuumemmasta kappaleesta kylmempään, kunnes lämpötilaerot ovat tasoittuneet.)
1. Energiaa ei voi luoda, eikä hävittää. Ainoastaan muuntaa toiseen muotoon. (Tämä johtaa siihen, että jos systeemiin tuodaan energiaa, sen sisäenergia (useimmiten lämpötila myös) kasvaa.)

2. Eristetyn systeemin prosessi etenee kohti suurinta todennäköisyyttä eli suuntaan jossa entropia kasvaa. (Toisin sanoen, prosessien luonnollinen suunta on, sellainen jossa epäjärjestys kasvaa)
3. Kaikki toiminta lakkaa absoluuttisessa nollassa. (Eli lämpöliike pysähtyy kokonaan, eikä tällaista tilaa voi täydellisesti koskaan saavuttaa.)

Kaasulait

Charlesin, Boylen ja Gay-Lussacin lait kuvaavat kaasujen tilamuutosta tietyn muuttujan ollessa vakio. Käytännössä tehtävät voi ratkaista käyttämällä ideaalikaasun tilanyhtälöä tai yleistä kaasujen tilanyhtälöä pitämällä yhden muuttujan vakiona. Ideaalikaasun tilanyhtälö sitoo lämpötilan, paineen ja tilavuuden ainemäärään, sekä luonnonvakioon R .

$$pV = nRT$$

Kaasujen yleinen tilanyhtälö puolestaan kuvaa kaasujen tilan muuttumista:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Mekaniikka

Suureita:

- **Voima** \vec{F} kuvaa vuorovaikutuksen voimakkuutta.
- **Massa** m kuvaa kappaleen kykyä vastustaa liiketilan muutosta. (Suuremman massan omaava kappale kokee tietyn voiman vaikutuksen vähäisempänä kuin pienimassainen.)
- **Momentti** \vec{M} kuvaa voiman vääntövaikutusta. (Pienikin voima voi kääntää tehokasti, jos sillä on riittävän pitkä varsi.)
- **Liikemäärä** \vec{p} on kappaleen massan ja nopeuden tulo, eli kuvaa sitä kuinka paljon liikettä yhteensä on. Liikemäärä säilyy kaikissa tilanteissa, ja on siksi keskeinen suure fysiikassa.

Newtonin lait eli mekaniikan peruslait:

1. **Jatkavuuden laki:** Kappale jatkaa tasaista suoraviivaista liikettä vakionopeudella tai pysyy levossa, jos siihen ei vaikuta ulkoisia voimia.
2. **Dynamiikan peruslaki:** Kappaleeseen vaikuttava kokonaisvoima \vec{F} antaa m -massaiselle kappaleelle kiihtyvyyden \vec{a} siten, että

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

3. **Voiman ja vastavoiman laki:** Jos kappaleeseen vaikuttaa toinen kappale jollain voimalla, niin samanaikaisesti kappaleen täytyy vaikuttaa toiseen kappaleeseen yhtä suurella, mutta suunnaltaan vastakkaisella voimalla.

Liikemäärän ja energian säilymislaite

- Maailmankaikkeuden kokonaisenergia ja liikemäärä säilyy.
- Liikemäärä säilyy kaikissa törmäyksissä, eli törmäyksen jälkeen sekä vaaka- että pystysuunnassa täytyy olla yhtä paljon liikemäärää kuin alkutilanteessa.
- Eristetyn systeemin energia säilyy. Vastusvoimat tai ulkoiset voimat voivat siirtää energiaa pois systeemistä, mutta jos niitä ei ole säilyy mekaaninen energia.

Sähköoppi

Suureita:

- **Sähkövaraus** Q on kappaleen ominaisuus, joka kuvaa kuinka voimakkaasti kappale kokee sähköisen vuorovaikutuksen (vrt. massa ja gravitaatio).
- **Sähkövirta** I kuvaa kuinka suuri varaus tietyistä kohdasta kulkee aikayksikössä.
- **Jännite** U on potentiaaliero kahden pisteen välillä. Varaukset pyrkivät kulkemaan pienempää potentiaalia kohti. (Vrt. kappale maan päällä).
- **Potentiaali** V ilmaisee jännitteen sovittuun nolatasoon, eli *maahan* nähden.
- **Sähkökentän voimakkuus** \vec{E} kuvaa, kuinka suuren voiman varattu hiukkanen kyseisessä kohdassa kokee. Positiivinen hiukkanen liikkuu kentän suunnassa ja negatiivinen sitä vastaan.

Ohmin laki:

- Vastuksen läpi kulkeva virta on suoraan verrannollinen vastuksen päiden väliseen jännite-eroon. Verrannollisuuskerrointa kutsutaan resistanssiksi, ja se kuvaa aineen sähkönjohtokykyä. Matemaattisesti

$$U = RI$$

Kirchhoffin lait:

1. Jokaiseen virtapiiriin kohtaan tulevien, ja siitä lähtevien virtojen summa on yhtä suuri, eli sähkövirta säilyy.
2. Jokaisen virtapiiriin suljetun silmukan potentiaalimuutosten summa on nolla. Piiriin lähdejännite on siis yhtä suuri kuin vastuksissa tapahtuvien jännitehäviöiden summa.

Vuorovaikutuksen voimakkuus, Coulombin laki

Sähköisesti varatut kappaleet kohdistavat toisiinsa voiman, jonka suuruus on

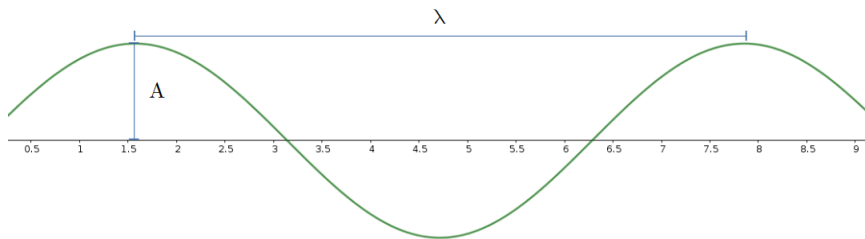
$$F = -k \frac{qQ}{r^2}$$

Voiman suunta on puoleensa vetävä, jos varaukset ovat erimerkkiset ja hylkivä, jos varaukset ovat saman merkkiset.

Aallot ja värähtely

Suureita:

- **Taajuus** f tarkoittaa värähdysten lukumäärää aikayksikössä. Toisinaan voidaan taajuutta käyttää kuvaamaan myös muiden kuin konkreettisten värähdysten lukumäärää sekunnissa.
- **Aallonpituus** λ tarkoittaa sitä, kuinka pitkä matka on samassa vaiheessa olevien allonkohtien välillä.
- **Amplitudi** tarkoittaa aallon korkeutta, eli suurinta poikkeamaa nollassa.



Huygensin periaate

- Jokainen aaltorintaman kohta on uuden palloaallon lähde.
- Diffrakto, eli aallon taipuminen esteen reunassa tai raossa selittyy Huygensin periaatteen avulla.

Interferenssi ja superpositioperiaate

- Kohdatessaan aallot summautuvat yhteen, siten, että summa-aalto muodostuu aaltojen poikkeamien summana.
- Vahvistavassa interferenssissä aallot ovat päällekkäin, siten että molempien poikkeama on samaan suuntaan ja heikentävässä vastakkaiseen suuntaan.

Harmoninen voima ja värähtely

- Harmoninen voima kohdistuu aina tasapainoasemaa kohti.
- Se aiheuttaa harmonisen värähdysliikkeen tasapainoaseman ympärillä.
- Voimaa kuvaa laki

$$F = -kx,$$

missä k on jousivakio. (Huom. jousivakion ei tarvitse olla konkreettinen jousi, vaan sama malli toimii myös esimerkiksi heilurille.)

Sähkömagnetismi

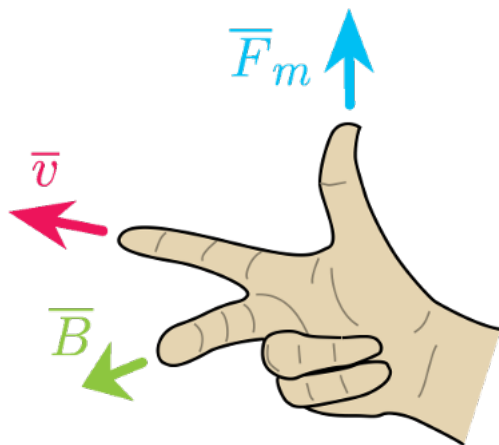
Suureita:

- **Magneettivuon tiheys** \bar{B} kuvaa magneettikentän voimakkuutta tietyssä kohdassa.
- **Vaihtovirran ja jännitteen teholliset arvot** ovat vastaavat tasajännitteen arvot, joilla tehonkulutus vastuksessa on sama kuin sinimuotoisen vaihtojännitteen.

$$I = \frac{i_0}{\sqrt{2}}$$

- **Impedanssi** Z vastaa vaihtovirrassa resistanssia. Koska myös käämillä ja kondensaattorilla on vaihtovirtaa vastustavia ominaisuuksia, tulee kaikki vastustavat suuret yhdistää impedanssiksi, jolloin Ohmin laki pätee: $U = ZI$.

Magnettikentässä liikkuvaan positiivisesti varattuun hiukkaseen kohdistuvan voiman oikean käden sääntö:



Induktio

Induktio on ilmiö, jossa ulkoisen magneettivuon muutos saa aikaan sähkövirran johtimessa. Muuttuva magneettikenttä kohdistaa voiman varattuun hiukkaseen (johtimen elektroniin), mikä saa hiukkasen liikkeelle (luo sähkövirran). Syntyvän virran suunta on sellainen, että sen muodostama magneettikenttä vastustaa alkuperäistä ulkoisen kentän muutosta (Lenzin laki).

Moderni fysiikka

Suureita:

- **De Broglie-aallonpituus** λ on hiukkaselle määritettävissä oleva aallonpituus.
- **Fotonin energia** E on valohiukkaseen, eli foniin varastoitunut energia. Se riippuu fotonin aallonpituudesta

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

- **Aktiivisuus** A on radioaktiivisessa näytteessä tapahtuvien hajoamisten määrä sekunnissa.
- **Puoliintumisaika** $T_{1/2}$ on aika, jossa puolet näytteen aktiivisista ytimistä on hajoanut.

Valon ja aineen luonne

Sekä valo, että materia ovat perusluonteeltaan hyvin samankaltaisia. Molemmat koostuvat hiukkasista, joiden luonne on hieman erilainen kuin mitä ymmärrämme arkikielessä sanan hiukkanen tarkoittavan. Valo on tavallisesti ajateltu sähkömagneettisena aaltona, mutta valosähköinen ilmiö ja mustan kappaleen säteilemä spektri osoittavat, että valo koostuu paitsi energiaa, myös liikemäärää omaavista kappaleista. Diffraktio ja valonsäteen kulku puolestaan mallintuvat aaltomallina. Vastaavasti hiukkaet on totuttu ajattelemaan pieninä palloina, mutta elektronien diffraktio kaksoisrakokokeessa osoittaa, että myös niiden olemukseen kuuluu jonkinlainen aaltoluonne. Fotonit ja elektronit eivät siis kummatkaan ole aaltoja, eivätkä klassisen fysiikan mukaisia hiukkasia, vaan kvanttimaailman hiukkasia, joiden luonteeseen kuuluu eräät aaltomaiset ominaisuudet.

Epätarkkuusperiaate

Kvanttifysiikka on luonteeltaan todennäköisyyksiin pohjautuvaa. Niinpä hiukkasen paikkaa ja liikemäärää ei voi määrittää mielivaltaisen tarkasti yhtä aikaa.