

1 JOHDANTO

1.1 Yleistä

Mekaniikka käsittelee voimien vaikutusten alaisten kappaleiden tasapainoa ja liikettä. Mekaniikka jaetaan kahteen osaan, jotka ovat statiikka eli tasapaino-oppi ja dynamiikka eli liikeoppi. Dynamiikka jaetaan edelleen kinematiikkaan ja kinetiikkaan.

Statiikka tutkii levossa oleviin kappaleisiin vaikuttavia voimasysteemejä ja niiden aiheuttamia rasituksia. Kinematiikassa tarkastellaan liikkeen geometriaa kiinnittämättä huomiota liikkeen syihin. Liikkeen geometria tarkoittaa esimerkiksi kappaleen massakeskiön aseman, nopeuden ja kiihtyvyyden selvittämistä tai kappaleen kulma-aseman, kulmanopeuden ja kulmakihtyvyyden määrittämistä. Kinetiikka tutkii liikkeen ja sen aiheuttaneen voimasysteemin välistä yhteyttä. Statiikkaa ja kinetiikkaa yhdessä sanotaan voimaopiksi.

Statiikan merkitys koneiden ja rakenteiden suunnittelussa on tullut esille statiikan opintojakson yhteydessä. Kinematiikalla on keskeinen osa koneenosien ja mekanismien suunnittelussa. Lisäksi kinematiikan käsitteitä ja tuloksia tarvitaan kinetiikan tehtäviä ratkaistaessa. Kinetiikan tehtävänä on liikkeen ratkaiseminen, kun vaikuttavat voimat tunnetaan joko kokonaan tai osittain. Jos osaa voimista ei tunneta, kuuluu kinetiikan tehtävän ratkaisemiseen myös tuntemattomien voimien määrittäminen.

1.2 Peruskäsitteet

Avaruus on tila, jossa kappaleet sijaitsevat. Sijainti avaruudessa ilmoitetaan jonkin koordinaatiston avulla. Newtonin mekaniikassa oletetaan, että on olemassa absoluuttisessa levossa oleva koordinaatisto eli inertiaalikoordinaatisto. Todellisuudessa kiinnittää koordinaatistoa ei ole löydetty, mutta insinöörisovellusten kannalta maapallon pinnalle kiinnitetty koordinaatisto on yleensä riittävällä tarkkuudella levossa.

Aika on suure, jonka avulla voidaan esittää tapahtumien järjestys.

Voima on käsite, joka kuvaa kappaleen vaikutusta toiseen kappaleeseen. Voiman ominaisuuksia on käsitelty statiikan opintojakson yhteydessä.

Massa on suure, joka kuvaa kappaleen pyrkimystä vastustaa liiketilansa muutosta (hidas massa). Massa on myös ominaisuus, joka aiheuttaa kappaleiden välisen veto-voiman (painava massa). Kun gravitaatiovakio valitaan sopivasti, voidaan hidas ja painava massa samaistaa.

Mekaniikan tavoitteena on todellisten kappaleiden käyttäytymisen kuvaileminen. Tässä kuvailussa kappaleille käytetään likimääräisiä laskentamalleja, kuten partikkelia ja jäykkää kappaletta. Partikkeli eli massapiste on kappale, jonka mitat ovat tarkasteltavan tehtävän kannalta epäoleellisen pienet. Jäykällä kappaleella tarkoitetaan kappaletta, johon ei aiheudu kuormituksesta mitään muodonmuutoksia. Todelliset kappaleet ovat jossain määrin deformoituvia eli ne kokevat muodonmuutoksia kuormitusten vaikutuksesta. Kappaleen liiketila saadaan hyvin usein selville riittävällä tarkkuudella joko partikkelin tai jäykän kappaleen mallin avulla.

1.3 Peruslait

Partikkelin ja jäykän kappaleen Newtonin mekaniikan perustana ovat seuraavat seitsemän kokemusperäistä peruslakia eli aksioomaa.

1. On olemassa absoluuttinen avaruus ja absoluuttinen aika. Absoluuttinen avaruus on täydellisessä levossa ja riippumaton siinä olevista kappaleista. Ajan absoluuttisuus tarkoittaa sitä, että mitkään tapahtumat eivät vaikuta ajan kulumiseen. Aika on riippumaton esimerkiksi sen havaitsijan liiketilasta.
2. Voiman suunnikaslaki. Jos kaksi voimaa vaikuttaa samaan pisteeseen, niin niiden yhteisvaikutus eli summa voidaan esittää vektorilla, jonka pituus ja suunta yhtyvät sen suunnikkaan lävistäjään, jonka sivuina ovat kyseisiä voimia kuvaavat vektorit.
3. Voiman siirtolaki. Jos jäykkään kappaleeseen vaikuttava voima siirretään pitkin omaa vaikutussuoraansa, sen ulkoinen vaikutus kappaleeseen pysyy ennallaan.
4. Hitauden laki eli Newtonin I laki. Partikkeli on levossa tai tasaisessa suoraviivaisessa liikkeessä aina, kun siihen ei vaikuta voimia tai siihen vaikuttavien voimien summa on nolla.
5. Dynamiikan peruslaki eli Newtonin II laki. Jos partikkeliin vaikuttavien voimien resultantti on \vec{F} , niin partikkeli saa kiihtyvyyden \vec{a} siten, että $\vec{F} = m\vec{a}$. Verrannollisuuskerrointa m sanotaan partikkelin massaksi.
6. Voiman ja vastavoiman laki eli Newtonin III laki. Jos partikkeli A vaikuttaa partikkeliin B jollakin voimalla, niin partikkeli B vaikuttaa partikkeliin A yhtä suurella mutta vastakkaissuuntaisella voimalla. Voimat esiintyvät siis aina pareittain.
7. Yleinen gravitaatiolaki eli Newtonin IV laki. Kaksi partikkelia (massat m_1 ja m_2) vetävät toisiaan puoleensa partikkelien yhdysjanan suuntaisilla voimilla, joiden suuruus on $F = \gamma m_1 m_2 / r^2$, jossa γ on gravitaatiovakio ja r partikkelien välinen etäisyys.

Peruslakeja ei mekaniikassa todisteta oikeiksi. Niiden on kuitenkin lukemattomissa käytännön testeissä havaittu pitävän niin hyvällä tarkkuudella paikkansa, että teknillisissä sovelluksissa niitä voidaan käyttää. Koko mekaniikan teoria johdetaan näistä seitsemästä kokemusperäisestä aksioomasta lähtien. Statiikassa lait 2, 3, 4 ja 6 ovat keskeisessä asemassa. Dynamiikassa erityisen tärkeitä ovat lait 4, 5 ja 7.

Peruslaeista johdettu Newtonin mekaniikka kuvailee yleensä erittäin hyvin todellisia ilmiöitä. Kuvailu ei kuitenkaan ole aivan täydellistä, sillä oletus absoluuttisesta avaruudesta ja ajasta ei ole sopusoinnussa kokeellisesti havaitun valon nopeuden invarianssin kanssa, jonka mukaan valon nopeus on vertailujärjestelmän liike-tilasta riippumaton vakio. Kappaleen nopeuden ollessa lähellä valon nopeutta Einsteinin suhteellisuusteoria antaa Newtonin mekaniikkaa tarkempia tuloksia. Suhteellisuusteoriassa ei käytetä absoluuttisen avaruuden ja ajan oletusta, vaan oletetaan valon nopeuden invarianssi sekä ekvivalenssiperiaate, jonka mukaan mekaniikan laeilla on sama muoto toistensa suhteen vakionopeudella translaatiossa olevissa koordinaatistoissa. Yleinen suhteellisuusteoria on luonteeltaan neliulotteista aika-avaruus jatkumo kuvaileva kenttäteoria, eikä sen avulla voida selittää kaikkia alkeishiukkasten fysiikkaan liittyviä ilmiöitä. Alkeishiukkasten käyttäytymisen kuvailu puolestaan onnistuu varsin hyvin kvanttimekaniikan avulla. Yksi nykyfysiikan suurimpia avoimia kysymyksiä lienee suhteellisuusteorian ja kvanttimekaniikan yhteensovittaminen.