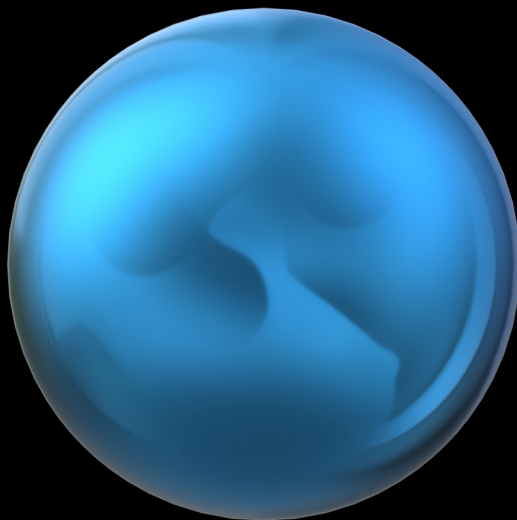
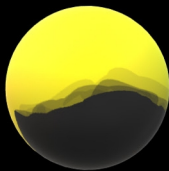




U. Kivi

Painovoima

Newtonin ja Einsteinin teoria helpolla tavalla

Painovoima

Newtonin ja Einsteinin
teoria helpolla tavalla

U. KIVI

Painovoima

Newtonin ja Einsteinin
teoria helpolla tavalla

© 2020 U. Kivi

2. Korjattu painos

Päällys ja taitto: Books on Demand

Kustantaja: BoD – [Books on Demand](#), Helsinki, Suomi

Valmistaja: BoD – [Books on Demand](#), Norderstedt, Saksa

ISBN: 978-952-80-7772-5

Sisällysluettelo

Esipuhe	7
Luku 1: Klassinen gravitaatio	9
1.1 Kappaleen rata	9
1.2 Elliptinen rata	10
1.3 Elliptinen rata napakoordinaateissa	14
1.4 Ympyrärata	17
1.5 Vapaa putoaminen (suora rata)	18
Luku 2: Suhteellisuusteoria	21
2.1 Johdanto	21
2.2 Minkowskin avaruus	21
2.3 Painovoimakoordinaatisto	23
2.4 Painovoimakoordinaatisto keskeiskentälle	27
2.5 Schwarzschildin ratkaisu	27
2.6 Yleinen ratkaisu	29
2.7 Putoaminen eli yksi paikkadimensio	31
2.8 Planeetan liike keskeiskentässä tasossa	40
2.9 Erikoisen ja yleisen suhteellisuusteorian yhteys	55
2.10 Valonnopeus ja punasiirtymä	56
2.11 Punasiirtymä ja aika	61
Viitteet	63
Liite 1: Koordinaatistomuunnos	63
Liite 2: Merkuriuksen rata, klassinen ratkaisu, integroimisjako x3000	67
Liite 3: Merkuriuksen rata, relativistinen ratkaisu, integroimisjako x3000 ..	68
Liite 4: Ohjelmalistaus, klassinen ratkaisu, integroimisjako x3000	70

Esipuhe

Tässä on esitetty harrastelijan näkemys planeettojen liikkeen ratkaisusta sekä klassisen mekaniikan että suhteellisuusteorian mukaisesti. Klassinen mekaniikka käsitellään päinvastaisessa järjestyksessä verrattuna normaalimenettelyyn. Lähtökohtana on elliptinen rata, josta johdetaan kiihtyvyys ja voima. Näin tulokset saadaan matemaattisesti helpommin kuin normaalimenettelyssä. Klassisen mekaniikan tuloksia käytetään lähtökohtana laskettaessa rataa suhteellisuusteorian mukaan.

Suhteellisuusteoreettisessa osassa kappaleessa 2.6 'Yleinen ratkaisu' esitellään ehdotelma suhteellisuusteorian metriikan ratkaisuksi yleisessä tapauksessa. Kyseessä on Schwarzschildin ratkaisun yleistys mielivaltaisen avaruuden massajakautuman tapaukseen. Menetelmälle voidaan esittää melkein matemaattinen perustelu. Avainkysymys on, onko integrointi yhden pallon yli laskettaessa Newtonin gravitaatiokenttää jotenkin erikoisasemassa verrattuna integrointiin vaikkapa kahden pallon yli (avaruusalus maan ja kuun välissä).

Kappaleessa 2.7 'Putoaminen eli yksi paikkadimensio' esitetään suhteellisuusteoreettinen ratkaisu putoamisliikkeelle (nopeus ja kiihtyvyys paikan funktiona). Tulokseen on päästy tekemällä Eulerin ratayhtälöt eri tavalla kuin normaalisti. Ratkaisu on tarkastettu sijoittamalla normaaleihin Eulerin yhtälöihin, jotka toteutuvat identtisesti.

Kappaleessa 2.8 'Planeetan liike keskeiskentässä tasossa' ratkaistaan kaksiulotteiset Eulerin yhtälöt vastaavalla tavalla kuin kappaleessa 2.7 yksiulotteiset Eulerin yhtälöt. Kappaleiden 2.7 ja 2.8 tulokset ovat siinä mielessä konsistentteja, että äärettömän pitkän isoakselin tapauksessa kaksiulotteinen ratkaisu lähestyy yksiulotteista ratkaisua. Lisäksi sekä kaksiulotteinen ratkaisu että yksiulotteinen ratkaisu lähestyvät klassista ratkaisua, kun annetaan valonnopeuden lähestyä ääretöntä. Erikoista uudessa ratkaisutavassa on, että se antaa ratayhtälön vakiotermiin pienen korjauksen verrattuna aiempiin ratkaisuihin. Merkuriuksen radan kohdalla korjauksen suuruus on noin 40 miljoonasosa normaalista vakioista, mutta korjauksen merkitys kasvaa lähempänä gravitaatiokeskusta.