

Aarre Saarnion opetusvälinetuotanto:
Laitteet ja niiden valmistukseen vaikuttaneet
opetussuunnitelmat

Pro gradu-tutkielma
Turun yliopisto
Fysiikan laitos
Fysiikka
2006
Susanna Arvela
Tarkastajat:
dos. Kalevi Kokko
ass. Jaani Tuura

TURUN YLIOPISTO

Fysiikan laitos

ARVELA, SUSANNA: Aarre Saarnion opetusvälinetuotanto:

Laitteet ja niiden valmistukseen vaikuttaneet opetussuunnitelmat
Pro gradu- tutkielma, 48s. 34 liitesivua

Fysiikka

Kesäkuu 2006

Aarre Saarnion syntymästä on kulunut 100 vuotta tammikuussa 2006. Tämän seurauksena tuli aiheelliseksi tutkia ja selvittää minkälaisia fysiikan demonstraatiovälineitä tämä keksijä on vuosien aikana valmistanut. Hän aloitti laajan opetusvälinetuotantonsa jo 50-luvulla ja jatkoi sen kehittämistä aina kuolemaansa asti vuoteen 1981.

Syksyn 2005 aikana on Lounais-Suomen kouluja kiertelemällä löydetty yli 50 Saarnion yli sadasta laiteesta, joista vain pieni osa on enää käytössä. Saarnion laitteet eivät ole ainoastaan Suomessa tunnettuja, vaan seitsemän hänen laitteistaan niitti mainetta myös kansainvälisillä keksintömessuilla Pariisissa ja Brysselissä vuosina 1954-1961. Palkituista laitteista tunnetuin on varmasti hänen patentoimiansakin opetusväline, laite voimien riippumattoman vaikutuksen lain esittämiseksi, eli Saarnion nuoli.

Tutkielmassa on esitelty Saarnion palkittujen laitteiden lisäksi muita hänen keksintöjään sekä käsitelty tuon ajan opetussuunnitelmien ja oppikirjojen vaikutuksia hänen tuotantoonsa. Tavoitteena olisi, että laitteiden kuvauksista olisi kouluille, jotka yhä omistavat Saarnion laitteita, hyötyä laitteiden uudelleen käyttöönotossa. Sillä vaarana on, että yhden Suomen suurimman yksityisen demonstraatiovälineiden valmistajan tuotanto häviää. Toisena tavoitteena tutkielmalle on antaa inspiraatio niille opettajille, jotka haluavat itse valmistaa opetusvälineitä. Tutkielmassa annetaankin esimerkkejä siitä miten voi valmistaa helppoja ja toimivia laitteita tukemaan omaa opetusta, Saarnion tapaan.

Asiasanat: Aarre Saarnio
Opetusvälinen tuotanto
Opetussuunnitelmat

Sisällysluettelo

JOHDANTO	1
2. AARRE SAARNIO HENKILÖNÄ	2
2.1. PEDAGOGI JA KEKSIJÄ	2
2.2. MUSIIKKI JA RUNOT	4
3. SAARNION TUOTANTO	5
3.1. LAITTEIDEN VALMISTAMINEN	5
3.1.1. Bernoullin laki	7
3.1.2. Pintajännitysvaaka	8
3.1.3. Matematiikan ja kemian välineistöä	12
4. PALKITUT LAITTEET	14
4.1. SAARNION NUOLI	14
4.2. TASAPAINOLAITE	18
4.3. TASAISEN LIIKKEEN, RATATANGENTIN SEKÄ SENTRIPETAALIVOIMAN TUTKIMINEN	19
4.4. PAINOPISTEEN SÄILYMINEN	20
4.5. PUTOAMISKIIHTYVYYDEN ARVON MÄÄRITTÄMINEN	23
4.6. COULOMBIN LAKI	26
4.7. YDINREAKTION HAVAINNOLLISTAVA VÄLINE	28
5. MUU TUOTANTO	30
5.1. TÄYSIN SAARNION KEKSIMÄT LAITTEET	30
5.1.1. Ilmatyynyraita ja lisälaitteet	30
5.1.2. Koevälineitä piirtoheittimeen	32
5.1.3. Laite, joka saa liike-energiansa haihtumisesta ja säteilystä	32
5.1.4. Aaltoliike	33
5.1.5. Muovikalvolinssi lisälaitteineen	34
5.1.6. Kaksoisheilurit sähkömagneettisessa kentässä	35
5.1.7. Atomit ja molekyylit	36
5.2. OSAKEKSINNÖT	37
5.2.1. Keskipakoputki	37
5.2.2. Laite veden aaltoliikkeen esittämiseksi	38
5.2.3. Laite Örstedin kokeeseen	38
5.2.4. Laite sähkövirran magneettisen kentän tutkimiseksi	39
6. SAARNION TUOTANTO JA TUON AJAN OPETUKSEN VAATIMUKSET	40
6.1. OPETUSSUUNNITELMAN JA TUOTANNON YHTEYS	40
6.2. OPPIKIRJAT JA TUOTANNON VÄLINEN YHTEYS	43

7. JOHTOPÄÄTÖKSET	46
KIITOKSET	47
KIRJALLISUUSVIITTEET	48
LIITE 1: SAARNION LAITELUETTELO VUODELTA 1957	
LIITE 2: SAARNION LAITELUETTELO VUODELTA 1969	
LIITE 3: SAARNION LAITELUETTELO VUODELTA 1974	
LIITE 4: PATENTTIHAKEMUS	

Johdanto

Mitä muistat omilta fysiikantunneiltasi? Jonkin hienon demonstraation vai jotain aivan muuta? Demonstraation muistaa varmasti jokainen, vaikka fysiikka ei olisikaan ollut se mukavin aine koulussa. Tunneilla tehdyt kokeet muistuvatkin useamman mieleen, koska fysiikkaa ja muita luonnontieteitä opetettaessa pyritään oppilaiden oppimista helpottamaan erilaisten demonstraatioiden avulla. Koulujen opetusvälineiden taso ja monipuolisuus vaihtelee eri kouluissa suuresti. Välineiden valikoima ja saatavuus on vuosien varrella kuitenkin parantunut siinä määrin, ettei opettajien enää itse tarvitse kehittää opetusvälineitä tukemaan oppilaiden oppimista.

50-luvulla toimineet fysiikan opettajat olivat opetusvälineiden osalta aivan eri tilanteessa kuin tämän päivän opettajat. Heidän opettamistaan hankaloitti vuoden 1941 opetussuunnitelma, joka velvoitti opettamaan demonstraatioiden avulla. Opetusvälineiden määrässä ilmeni kuitenkin huomattavia puutteita.¹ Näiden puutteiden vuoksi on ymmärrettävää, miksi Aarre Saarnio, yksi eniten opetusvälineitä suomessa valmistanut fysiikan lehtori, alkoi kehitellä erilaisia opetusvälineitä 50-luvun alussa. Hän tuotti laitteita niin omaan, kuin kollegoidensakin käyttöön kolmenkymmenen vuoden ajan. Saarnion tuotanto sai huomiota ulkomailla, kun hän osallistui Keski-Euroopassa järjestetyille keksijämessuille, joista oli tuliaisina useampia mitaleja

Saarnion kollegoille suunnatut tilausluettelot vuosilta -53, -69 ja -74 (liitteet 1, 2 ja 3) sisältävät yhteensä 96 erilaista fysiikan, 7 matematiikan ja 3 kemian laitetta, sekä 5 laitetta maantiedon ja tähtitieteen opettamiseen. Näistä laitteista on syksyn 2005 aikana Lounais-Suomen kouluista kartoitettu yli 50. Laitteista vain harva oli enää käytössä. Käyttämättömyys johtui useammassa koulussa laitteiden käyttötarkoitusten tuntemattomuudesta. Tässä tutkielmassa esitellään joidenkin Saarnion keksintöjen käyttötarkoitusta ja toimintaa sekä pohditaan vuosien 1916, 1941 ja 1970 opetussuunnitelmien vaikutusta niin Saarnion tuotantoon, kuin lukion fysiikan opiskeluunkin. Laitteiden esittelyn tarkoituksena on antaa kouluille mahdollisuus ottaa kaapeissa pölyttyvät laitteet uudelleen käyttöön, esittelemällä laitteiden käyttötarkoitukset sekä niiden toimintamekanismit. Itse laitteiden valmistamisesta kiinnostuneet voivat käyttää esittelyjä apuna yksinkertaisten ja toimivien demonstraatiivälineiden valmistamisessa.

2. Aarre Saarnio henkilönä

Aarre Armas Antero Saarnio syntyi 12.1.1906 Kuopiossa ja kuoli 24.9.1981 kotonaan Liedossa. Hän oli Thure Gottlieb Saarnion ja Bertha Maria os. Tallbergin perheen viidestä lapsesta keskimmäinen. Hän valmistui Viipurin suomalaisesta lyseosta ylioppilaaksi vuonna 1925. Filosofian kandidaatiksi hän valmistui vuonna 1931 Helsingin yliopistosta³.

Aarre Saarniota pidettiin hyvin lahjakkaana monitoimimiehenä. Hän oli keksijä, opetusvälineiden valmistaja, runoilija, musiikkimies sekä erinomainen pedagogi³. Tauno Nurmela kirjoitti Suomen Kuvalehteen muistokirjoituksen ystävästään ja mainitsee erään mielenkiintoisen seikan: ”Koska hän ei ollut Suomessa ”rekisteröitynyt” kulttuurihenkilö, ei Suomen Aikalaiskirja eli ”Kuka Kukin On ” tunne häntä. Mutta Euroopan kulttuurihenkilöiden piiriin hän ilmeisesti kuului, sillä Euroopan Aikalaiskirja, eli ”Who is who in Europe” hänet kyllä tuntee.”² Tämä on mielenkiintoista, sillä Saarnio on varmasti ollut yksi merkittävimmistä fysiikan opetusvälineiden kehittäjistä Suomessa, vaikka hänen laitteensa eivät enää olekaan suuren yleisön tiedossa.

2.1. Pedagogi ja keksijä

Saarnio aloitti uransa pedagogina Ikaalisten yhteiskoulussa fysiikan, matematiikan ja kemian lehtorina 1933-1945, jonka jälkeen hän toimi kyseisen koulun rehtorina vuosina 1945-1946. Talvi- ja jatkosodan aikaan hän palveli lentometeorologina sotatoimialueilla. Vuodesta 1946 lähtien Saarnio toimi Forssan yhteiskoulun matematiikan ja luonnonopin lehtorin virassa, josta hän jäi eläkkeelle vuonna 1969.³

Saarnion keksijän uran voidaan sanoa lähteneen liikkeelle pienen sattuman kautta. Hänen ensimmäinen keksintönsä on laite, joka osoittaa voimien riippumattomuuden vaaka- ja pystysuoran liikkeen välillä. Laitteen idea syntyi, kun hänen poikansa leikki pallolla, jonka toinen pää oli sidottu kumilangalla ovenkahvaan. Poika ihmetteli miksi pallo ei ikinä osu kahvaan, isä selitti asian pojalleen, jonka seurauksena isällä ”välähti”. Vielä samana vuonna (v.1951) hän haki laitteelle patenttia, joka myönnettiin vuonna 1953. Tämä laite palkittiin Pariisin keksijämessuilla (Concurs International

d’Inventions) 1954 ja vuotta myöhemmin vielä Brysselin kansainvälisessä uusien keksintöjen näyttelyssä (Salon International des Inventeurs). Tästä kaikesta alkoi tietoinen opetusvälineiden valmistus. Hän kuitenkin korostaa Aamulehden sunnuntailiitteessä 20.1.1957, että: ”Joissakin hänen laitteissaan ei ole varsinaisesti paljoakaan uutta keksintöä, mutta näinhän on kaikkien keksintöjen laita. Osakeksinnöt on monesti tehty, mutta synteesi puuttuu.”⁴

Kaiken kaikkiaan Saarnio sai keksinnöistään Pariisin keksintömessuilta ja Brysselin näyttelyistä yhteensä kaksi kultamitalia ja kuusi hopeamitalia. Näiden lisäksi hänet palkittiin arvostetulla Pariisin opetusministeriön myöntämällä Vermeil-mitalilla. Saarnio niitti mainetta palkintojen ohella myös havaintoesityksillään Pohjoismaiden opettajakongresseissa Tukholmassa, Oslossa ja Kööpenhaminassa. Keksinnöt kiinnostivat myös UNESCOa, yhdistyneiden Kansakuntien Kasvatus-, tiede ja kulttuurijärjestöä. Kansainvälisten havaintoesitysten lisäksi hän havainnoi keksinnöillään fysikaalisia ilmiöitä nykyisen MAOL:in järjestämissä tilaisuuksissa.²

Opetusvälineiden myynti kollegoille alkoi -50 luvun lopulla ja jatkui tiettävästi hänen elämänsä loppuajolle asti. Viimeisin opetusvälinekeksintö, putoamiskiihtyvyyden määrittäminen kvartsikellolla, syntyi Saarnion ollessa 75-vuotias vuonna 1981².

Saarnion tuotanto oli kattava, sillä esimerkiksi hänen luettelonsa vuodelta 1969 sisältää 95 erilaista opetusvälinettä, joista 81 oli fysiikkaan, 6 matematiikkaan, 5 maantieteeseen ja tähtitieteeseen sekä 3 kemiaan (liite 2). Näiden lisäksi vuoden 1974 luettelossa on yli 10 uutta fysiikanlaitetta (liite 3). Syksyn 2005 aikana on Lounais-Suomen alueelta löytynyt 62 Saarnion valmistamaa laitetta. Näiden joukossa on myös laitteita, joita Saarnio ei ole maininnut luetteloissaan, mutta niissä on hänen signeerauksensa.

Kaikki hänen keksintönsä eivät kuitenkaan olleet pelkästään koulumaailmaan liittyviä, vaan hän valmisti myös käteviä jokapäiväistä elämää helpottavia laitteita. Kuten esimerkiksi eläkkeellä ollessaan, perheen postilaatikolle Liedossa oli jonkin verran matkaa, joten hän ei vaivautunut postin hakuun, jollei ollut aivan varma, että posti olisi jo tullut. Niinpä hän asetti postilaatikkoon ilmapallon, joka hyppäsi ulos laatikosta, kun postinkantaja avasi luukun. Aluksi tämä keksintö ei kuitenkaan toiminut, joten hän alkoi tarkkailla postinkantajaa. Saarnio huomasi pian, että postinkantaja pelästyneenä asetti

pallon aina takaisin postilaatikkoon. Postinkantajaa opastettiin ja Saarnio sai keksintönsä toimimaan. Toinen esimerkki käytännön keksinnöstä on kirjanpidike, jonka avulla hän saattoi lukea kirjaa sängyssä selin makuulla.

2.2. Musiikki ja runot

Musiikki ja runous kuuluivat aina Saarnion elämään. Ne olivat hänelle paljon määrätietoisempia harrastuksia kuin hänen keksijänuransa, sillä jo nuorena ylioppilaana hän pyrki Ylioppilaskunnan laulajiin (YL). Ensimmäisellä yrityskerralla hän kuitenkin reputti, mutta vuoden päästä hän sai yrittää uudelleen ja onnistui.⁴ YL:n lisäksi hän vaikutti myös Forssan kaupungin mieskuorossa.³ Laulamisen lisäksi myös soittaminen oli lähellä hänen sydäntään. Soittamaan hän pääsi usein koulun aamuhartauksissa ja kotonaan hänellä oli tapana nukuttaa lapsiaan soittamalla flyygeleitä.³

Musiikin ohella runot olivat hänen harrastuksenaan jo nuorena.⁴ Runojen aiheet vaihtelevat suuresti, kuten käy ilmi liitteestä 4, jonka mukaan aiheina olivat mm. hyvä taulu, jokin humoristinen tapahtuma, oma poika tai koulussa pidetty oppitunti.⁴ Saarnio itse toivoi, että hänen poismenonsa jälkeen julkaistaisiin hänen runonsa *Funktio*. Runo julkaistiinkin *Matemaattisten aineiden aikakausikirjassa* 1981 ja esitettäköön se myös tässä esimerkkinä hänen runoistaan.⁵

Funktio

*Seurausta ja syytä
Taululla selvitän.
Siinä on x:ää ja y:tä
– funktio – tiedäthän.*

*Kertovat silmäparit:
Ajatus keskittyy.
Vältämme virheet, karit,
Ratkeaa x sekä y.*

*Koordinaatistoristein
taulumme kuvastaa
funktion monin pistein,
ympyrä hahmon saa
– –*

*Funktio sinäkin lienet
sydän väsymätön.
Elämän taululle vienet
vaikean yhtälön.*

*Viisas Mestari kerran
yhtälön pelkistää
tutkien minkä verran
x:lle viimein jää.*

*Minun on vaikea olla
– usein väärin tein –
Kaamea tyhjyys – nolla –
jäätävi sydämeihin,
joka on tietänyt, mutta
sykkinyt unhoittain:
Valo on rakkautta,
Muu on turhuutta vain.*

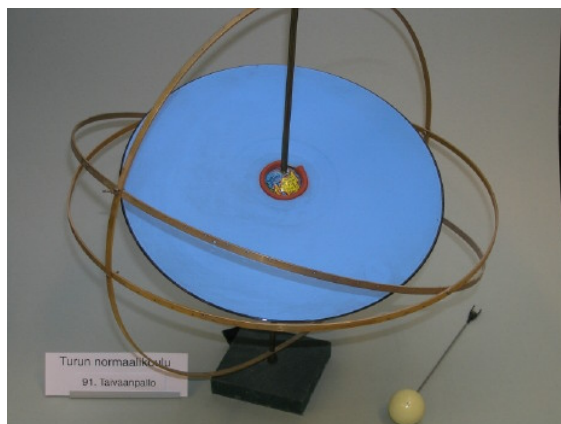
3. Saarnion tuotanto

Saarnion tuotanto lähti liikkeelle alun perin liikkeelle oman opetuksen tarpeista. Kuten jo aikaisemmin todettiin, hänen tuotantonsa on suuri, sillä laitteita on kaiken kaikkiaan yli 100 erilaista. Tuotanto sisältää niin havainnointivälineitä kuin myös laitteita, joiden toiminta perustuu fysikaalisiin ilmiöihin. Tärkeää Saarnion laitteissa on myös niissä käytetyt yksinkertaiset materiaalit sekä niiden toimivuus.

3.1. Laitteiden valmistaminen

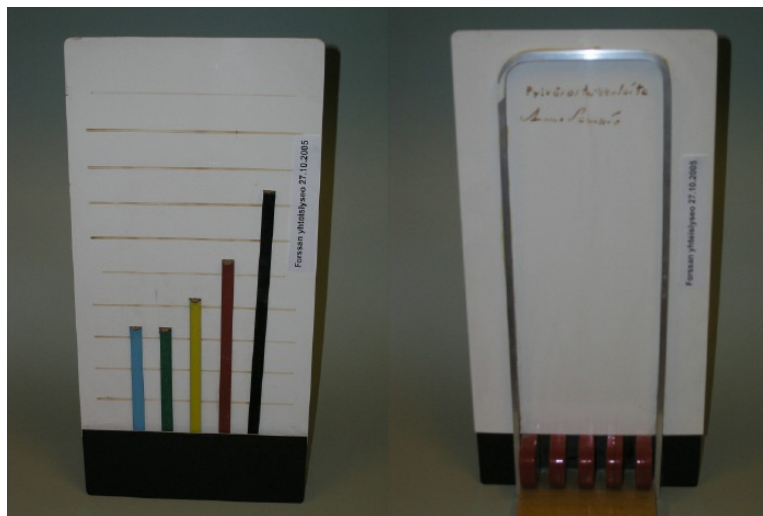
Forssassa asuessaan Saarnion perheen asunnon yhteydessä oli verstaas, jossa hän pystyi valmistamaan keksintöjään. Kesäisin tavallisten mökkitöiden sijasta hän valmisti laitteitaan perheen kesämökillä. Eläkkeelle jäämisen jälkeen verstaas muutti Saarnion mukana Liettoon, jossa verstaasna toimi yksi omakotitalon huoneista. Apunaan hänellä oli lähinnä porakone ja sirkkeli sekä hyvät käsityötaidot.

Itse keksintöjen materiaalit ovat olleet helposti saatavilla ja työstettävissä. Laitteiden tunnusmerkkejä ovatkin muun muassa alumiininen verhoakisko, pyörän pinnat sekä verhojen kiinnitysripsut. Tietenkin myös erilaista puutavaraa on käytetty paljon. Hieno esimerkki kekseliäisyydestä on pallonmuotoiset joulukoristeet, joita hän on käyttänyt muun muassa laitteessa, joka havainnollistaa Bernoullin lain. Myös pyöreä maapalloksi maalattu teroitin (kuva 1), joka näyttää suurta roolia etenkin maantiedon- ja tähtitieteenopetusvälineissä.



Kuva 1. Taivaanpallo, jonka keskustassa maapallona on maapalloteroitin.

Saarnion laitteissa tunnusomaisena voi pitää myös usean keksinnön osana olevia metallisia mittanauhoja. Esimerkiksi matematiikassa pylväsdigrammit (kuva 2) saadaan helposti, kun asetetaan viisi mittanauhaa taustalevyä vasten. Niiden avulla voidaan vetää oikean mittaiset pylväät nopeasti ja helposti. Tämä laite ei kuitenkaan löydy Saarnion luetteloista, vaikka onkin hänen käsialaansa. Saattaa nimittäin olla, että laitetta ei ole valmistettu kuin yksi, joka löytyy Saarnion entisestä koulusta, Forssan yhteislyseosta. Mittanauhaa hän on käyttänyt laitteissaan myös asteikkona, kuten esim. palkitussa pudottimessa, jossa se on upotettuna taustalevyyn. (liite 1)



Kuva 2. Pylväsdiaagrammi edestä ja takaa, pylväinä toimivat metalliset mittanauhat

Demonstraatiovälineiden valmistamista hän kuvaa runossaan *Atomi*, jossa valmistetaan atomimalli, Saarnion pyöränpinnoista valmistetut atomimallit ovat myös kuvattuina kuvassa 3.

Atomi

*Tein mallin heliumatomista.
Tehän tiedätte, miten se kuvataan:
Ydin koostuu raskaista hiukkasista,
elektronit kiidossa radoillaan.*

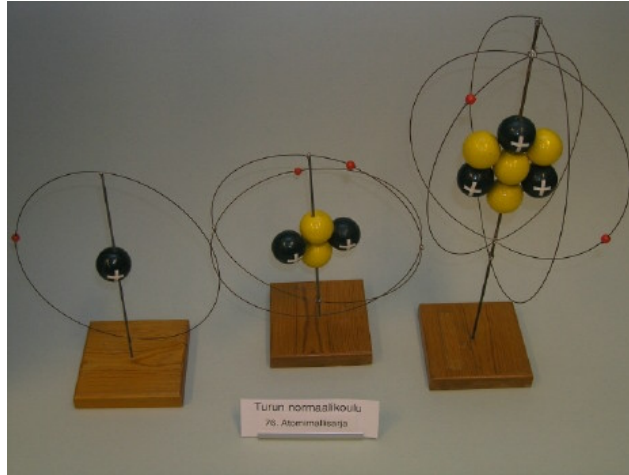
*Mä neljä palloa sauvan sankaan,
kuin marjatertuksi lovitin
ja kaksi helmeä teräslankaan
siis elektroneiksi sovitin.*

*Voi kunpa mallista nähdä vois sen
miten joukot planeettaparvien
kuin orhit ohjissa aurinkoisten
ui merta aution tyhjyyden!*

*Pieni poikaressuni pörrötukka
kovin tarkkana seuras vierelläin.
Hei isä syntykö siitä kukka?
- Ei, atomimallia laitan näin.*

*-Hei isä pistetään tuohon malliin
mun kaunis lasinen sydänkin.
Pien kämmen tarjosi aarteen kalliin
kuin punaliekiksi protonin.*

*-Ei poikani, atomimallit muuttuu
mitä syvemmin ainetta tutkitaan.
Mut myöhemmin tulet huomaamaan,
sydän kaikista puuttuu*



Kuva 3. Saarnion atomimallit vasemmalta: vety, helium ja litium

3.1.1. Bernoullin laki

Kahdesta pallomaisesta joulukoristeesta, kupera-pintaisista metalliliuskoista ja metallipuikosta voidaan valmistaa kuvan 4 mukainen Saarnion laite Bernoullin lain havainnollistamiseksi. Bernoullin lain kolme tekijää ovat nesteen tai ilmvirran virtausnopeus, paine ja korkeus. Bernoullin lailla kuvaillaan esimerkiksi putkistojen toimivuutta ja lentokoneen lentämistä.



Kuva 4. Laite Bernoullin lain esittämiseksi, ylimmäinen osa valmistettu pallon muotoisista joulukoristeista, joista toisella on kovera ja toisella kupera pinta.

Vaakasuorassa putkessa, joka kapenee, virtauksen nopeus kasvaa sen virratessa kohti pienempää painetta. Jos putken ja siellä olevan nesteen korkeus muuttuu, saadaan uusi tekijä, joka vaikuttaa paine-eroon. Bernoullin laki kuvaa näiden kolmen suureen

vaikutusta seuraavasti; Sen mukaan paine-ero on tiettyä tilavuutta kohti, ympäröivässä nesteessä, yhtä suuri kuin kineettisen- ja potentiaalienergian muutosten summa eli ⁶:

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (y_2 - y_1) \quad (1)$$

Kaava (1) voidaan kirjoittaa myös muotoon

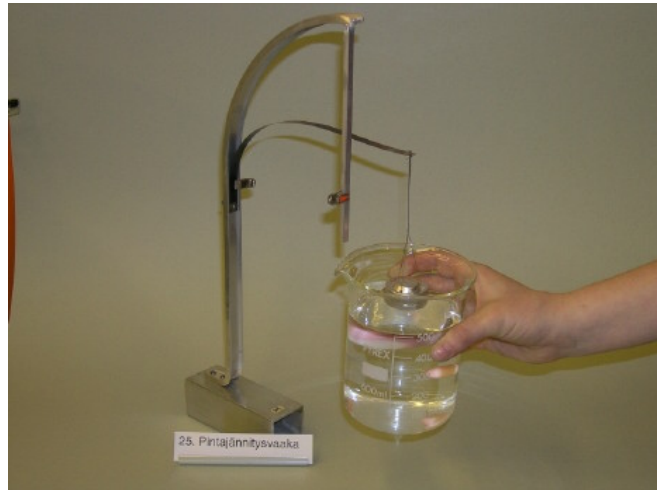
$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 \quad (2)$$

Saarnion laitteessa havainnoidaan Bernoullin periaatetta käsitteellisesti erilaisien kappaleiden avulla. Laitteessa on kaksi osaa, joista toisena yläpuolella olevat kaksi pallomaista joulukoristetta, joista toisella on kupera ja toisella kovera pinta (kuva 4). Aluksi pallot asetetaan joko yhteen tai niin, että niiden välissä on rako. Tämän jälkeen pallojen väliin puhalletaan (voidaan myös käyttää pölynimuria, jossa on puhallin). Puhallettaessa pallot eivät erkane toisistaan vaan pintojen välille syntyvä paine-ero vetää pallot yhteen. Laitteen toisena osana ovat kuperapintaiset metalliliuskat (kuva 4). Edellinen koe toistetaan myös niille. Asetetaan levyt ensin erilleen toisista ja puhalletaan niiden väliin. Nyt voidaan kuulla ja nähdä, että liuskat osuvat toisiinsa liuskojen välisen paine-eron vuoksi. (liite 2 ja 3)

3.1.2. Pintajännitysvaaka

Saarnion valmistama pintajännitysvaaka on kaikessa yksinkertaisuudessaan toimiva kokonaisuus, jolla päästään hyvin lähelle pintajännityksen taulukkoarvoja (liite 2 ja 3). Vaaka on valmistettu alumiinista verhokiskoa muokkaamalla. Verhokiskon lisäksi laitteessa on käytetty ohutta metalliliuskaa, filmipurkinkorkkia sekä ohutta ompelulankaa (kuva 5).

Pintajännitys syntyy nesteen molekyylien välisistä vetovoimista. Keskiosassa nestettä molekyyliin vaikuttava kokonaisvoima on nolla, kun taas pinnassa se suuntautuu kohti nesteen keskiosaa. Tämän ilmiön vuoksi neste pyrkii minimoimaan ympäristönsä kanssa kosketuksissa olevan pintansa, tästä johtuen esimerkiksi vesipisara on pyöreä.⁶



Kuva 5. Pintajännitysvaaka toiminnassa

Pinnalla olevien molekyylien voima voidaan määrittää seuraavasti Saarnion pintajännitysvaaka'alla. Aluksi asetetaan verhonipsu siihen kohtaan, jossa filmipurkin kansi irtoaa vedestä, kun astiaa vedetään alaspäin. Korkkia ei kuitenkaan upoteta veteen vaan pyritään kastamaan vain pieni osa reunoista. Irrotuspaikan selvittämisen jälkeen korkin päälle asetetaan painoja, joiden massa tunnetaan, kunnes metalliliuska on samassa kohtaa kuin se oli sen irrotessa vedestä. Tämä voima on pintajännityksen ja sen pinnan pituuden, johon voima vaikuttaa, tulo eli:⁶

$$F = \gamma d$$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{F}{d} \quad (3)$$

Saarnion laitteen toimivuutta voidaan kokeilla mm. veden ja saippuaveden avulla, kun lämpötilaa muutetaan. Mittauksissa saatuja veden arvoja voidaan vertailla Handbook of Chemistry and Physics⁷ antamien taulukkoarvojen avulla. Saippuavesien, astianpesu- ja pyykinpesuaineen, tuloksia vertaillaan University Physicsin⁶ ilmoittamiin taulukkoarvoihin. Kaavan (3) avulla voidaan laskea pintajännitys taulukkoon I mitattujen arvojen seuraksi, kun tunnetaan voiman vaikutuspinnan pituus d . Voima vaikuttaa kappaleen ylä- ja alapinnalle, joten pinnan pituus on $2l$. Tässä tapauksessa pinta on pyöreä joten $l =$ korkin kehän pituus. Mittaamalla korkin halkaisijaksi saatiin 3,18 cm. Pintajännitys voidaan siis laskea kaavasta (3)⁶:

$$\gamma = \frac{F}{d} = \frac{F}{2l} = \frac{F}{2 \cdot 2\pi r}$$

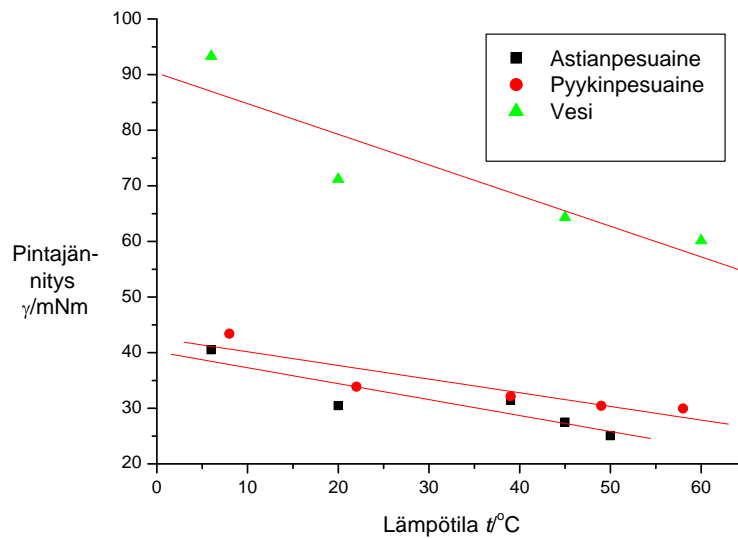
Taulukko I. Pintajännityksen laskemista varten mitatut suureet sekä niistä lasketut pintajännityksen arvot

	$t/^{\circ}\text{C}$	m/mg	$\gamma/(\text{mN}/\text{m})$
vesi	6	1900	93,29
	20	1450	71,19
	45	1310	64,32
	64	1225	60,15
astianpesuaine	6	825	40,51
	20	620	30,44
	39	640	31,42
	45	560	27,50
	50	510	25,04
	pyykinpesuaine	8	890
	22	690	33,88
	39	655	32,16
	49	620	30,44
	58	610	29,95

Veden lämpötilan ollessa 6°C , pintajännitykseksi saadaan:

$$\gamma = \frac{F}{2 \cdot 2\pi r} = \frac{1900 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{2\pi \cdot 3,18 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 0,093286 \text{ N/m} \approx 93,29 \text{ mN/m}$$

Taulukosta I ja kuvasta 6 voidaan havaita pintajännityksen pieneneminen lämpötilan kasvaessa. Tämä johtuu molekyylien liike-energian kasvusta. Lämpötilan nouseminen saa molekyylit liikkumaan nopeammin, jonka seurauksena niiden välinen vuorovaikutus pienenee samalla pienentäen mitattavan nesteen pintajännitystä.^{6,8}



Kuva 6. Eri aineiden pintajännitysten käyttäytyminen lämpötilan muuttuessa. Suorat sovitettu lineaarisella regressiolla kuvan lukemista helpottamiseksi.

Mitattuja pintajännityksen arvoja vedelle eri lämpötiloissa verrataan taulukossa II kirjallisuudesta löytyviin arvoihin. Saippualle mitattujen arvojen vertailu tapahtuu vain huoneen lämpötilan arvoille (taulukko III).

Taulukko II. Veden mitatut- ja kirjallisuusarvot ⁷

mitattuarvo		kirjallisuusarvo	
$t/^\circ\text{C}$	$\gamma /(\text{mN}/\text{m})$	$t/^\circ\text{C}$	$\gamma /(\text{mN}/\text{m})$
6	93,29	5	74,90
20	71,19	20	72,75
45	64,32	40	69,56
64	60,15	60	66,18

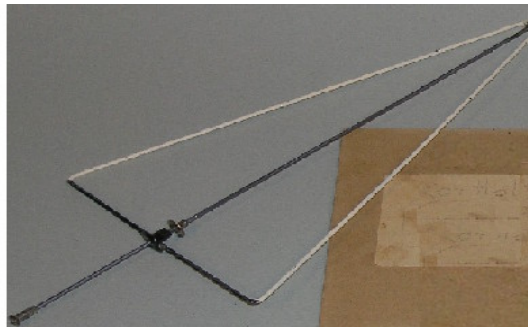
Taulukko III. Saippuoliuosten vertailu kirjallisuusarvoon ⁶

	$t/^\circ\text{C}$	$\gamma /(\text{mN}/\text{m})$
astianpesuaine	20	30,44
pyykinpesuaine	22	33,88
kirjallisuusarvo saippuoliuos	20	25,0

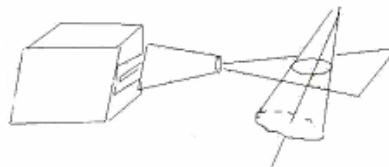
Taulukkoa II tutkittaessa voidaan huomata, että mitatut arvot poikkeavat ensimmäistä arvoa lukuun ottamatta kirjallisuusarvoista systemaattisesti hieman alakanttiin. Tähän virheeseen vaikuttaa varmasti metalliliuskan liikkuminen, sillä liuska ei päässyt kulkemaan aivan kitkatta vaan tarttui välillä kiinni mitta-asteikkoon. Virheeseen vaikuttaa myös tarkan paikan määrittäminen korkin irrotessa vedenpinnasta. Taulukon III arvoja vertaillen voidaan huomata arvojen olevan kirjallisuusarvoa suurempia. Tähän vaikuttaa saippualliuoksen koostumus sekä veden tapauksessa olleet virhelähteet.

3.1.3. Matematiikan ja kemian välineistöä

Tammikuussa 2006 järjestetyssä Aarre Saarnion syntymän 100-vuotis muistotilaisuudessa Saarnion vanhan oppilaan paras muisto opettajansa havainnollistamisvälineistä oli laite, jolla voitiin esittää pyörähdyskappaleet. Tämä geometrian opetusta helpottava laite on valmistettu pyöränpinnoista (kuva 7), ja toimiakseen se tarvitsee pienen sähkömoottorin. Pyöriessään tämä pyöränpinnoista valmistettu kolmio muodostaa kartion. Kartioleikkauksia havainnoidessa tarvitaan myös valonlähde, johon saa kapean raon, jolla kartio voidaan katkaista (kuva 8). (liite 2 ja 3)



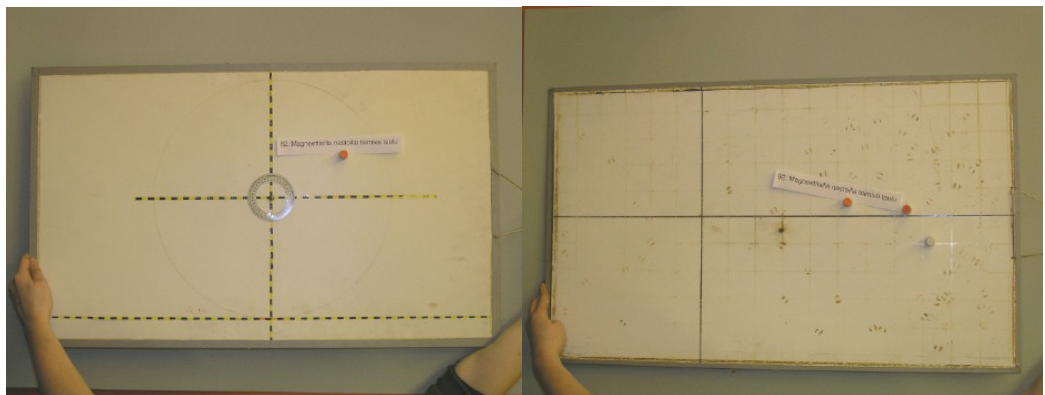
Kuva 7. Pyöränpinnoista valmistettu kolmio, jolla voidaan esittää kartioleikkauksia



Kuva 8. Kartioleikkauksen muodostaminen

Tämä laite ei ole Saarnion ainoa matematiikkaan valmistama laite, mutta hyvä esimerkki siitä miten hän on pyrkinyt valmistamaan yksinkertaisista materiaaleista laitteita, jotka edesauttavat oppilaita ymmärtämään vaikeitakin asioita.

Matematiikan ja kemian opettamiseen hän valmisti myös erilaisia magneettitauluja. Matematiikassa magneettitaulussa oli koordinaatisto, jonne voitiin magneettinappien ja narun tai kumilangan avulla piirtää erilaisia kuvioita. Magneettitaulun toisella puolella oli trigonometrinen ympyrä, jolla voidaan esittää trigonometriset mittaukset nopeasti (kuva 9). (liite 2 ja 3)



Kuva 9. Matematiikan magneettitaulu edestä ja takaa.

Kemiantunnilla magneettitaululle voitiin kiinnittää erikokoisia ja -värisiä ”atomeja”, joiden avulla voitiin havainnollistaa muun muassa molekyylimalleja, sidostyypppejä sekä elektrolyysin tapahtumia (kuva 10). (liite 2 ja 3)



Kuva 10. Kemian opetukseen tarkoitetut magneettiset napit.

4. Palkitut laitteet

Saarnion keksintöjen menestyminen ulkomailla vaikuttivat varmasti osaltaan Saarnion innostukseen erilaisten laitteiden valmistamiseen. Kaiken kaikkiaan Saarnion laitteista 7 palkittiin Pariisissa ja Brysselissä järjestetyissä näyttelyissä vuosina 1955-1961. Osa laitteista palkittiin useammallakin palkinnolla.

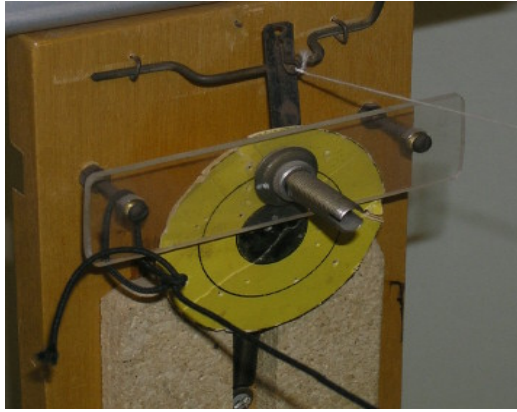
4.1. Saarnion nuoli

Saarnion nuoli, ts. laite voimien riippumattoman vaikutuksen lain esittämiseksi on Saarnion ensimmäinen keksintö ja ainoa johon hänellä on ollut patentti. Kuten jo edellä on mainittu, hän sai laitteestaan kaksi hopeamitalia, Pariisin keksintömessuilta v.1954 ja Brysselistä uusien keksintöjennäyttelyistä v.1955.

Saarnion nuolen tarkoituksena on osoittaa, että kappaleen ollessa vaakasuuntaisessa liikkeessä siihen ei kohdistu mitään sellaista voimaa, joka pudottaisi kappaleen nopeammin tai hitaammin kuin vapaasti pystysuoraan putoavan kappaleen. Tämä laite todistaa väitteen tikan ja vapaasti putoavan taulun avulla.

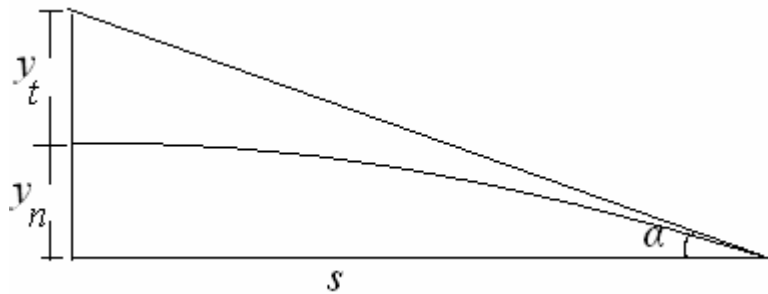
Alkuperäinen laite oli mekaaninen (kuva 11). Sen perusrunkona toimi lauta, jonka yläosaan on kiinnitetty vaakasuora poikkipu. Kuvassa 11 poikkipuuna toimii läpinäkyvä akryylilevy. Rungon yläpäähän on kiinnitetty jousi, joka kiristetään siihen sidotun kumilangan avulla. Kumilangan toisessa päässä on nuoli, jota vedettäessä kumilanka kiristyy ja taulu voidaan asettaa paikoilleen jousen ja poikkipuun väliin. Kun nuoli laukaistaan, kumilanka löystyy ja samalla jousi vapautuu pudottaen taulun. Kokeen onnistuessa nuoli osuu maalitauluun, jolloin voidaan havaita putoamisajan olevan kummassakin tapauksessa sama, eli mikään voima, esimerkiksi kumilangan kiristysvoima, ei vaikuta putoamiseen.(liite 4)

Saarnio kuitenkin hylkäsi nuolen ensimmäisen version, sillä nuolen osumatarkkuus ei ollut riittävän hyvä. Laitteen seuraava versio toimikin jo magneetin ja sähkövirran avulla. Näin hän pyrki varmistamaan osumatarkkuuden, eli varmistamaan, että taulu ja nuoli lähtevät liikkeelle varmasti samaan aikaan.



Kuva 11. Mekaaninen Saarnion nuoli

Laitteen väittämä laki voidaan todistaa myös laskemalla. Piirretään suorakulmainen kolmio jossa kulma α on nuolen ampumiskulma. Nuoli tähdätään aina keskelle taulua. Nuolen lentomatkaa voidaan merkitä kuvan 12 mukaisesti s :llä, taulun putoamaa matkaa y_t :llä ja vastaavasti nuolen y-suunnassa liikkuvaa matkaa y_n :llä. Nuoli voidaan siis ampua millä lähtökulmalla tahansa, kunhan aina tähdätään kohti taulun keskustaa.



Kuva 12 . Pelkistetty kuvaus nuolen ja taulun liikeradoista.

Todistetaan nyt, että nuolelta ja taululta kuluu yhtä kauan aikaa kohtaamispisteeseen lähtökulmasta riippumatta. Oletetaan, että kumilangan jännitysvoima ei vaikuta nuolen liikkeeseen. Tarkastellaan ensin tikan liikettä x-suunnassa:

$$x = v_0 t \cos \alpha \quad (4)$$

y-suunnassa tapahtuva liike:

$$y_n = v_0 t \sin \alpha - \frac{1}{2} g t^2 \quad (5)$$

Lasketaan yhtälöistä (4) ja (5) aika, joka tarvitaan, kun nuoli on kohdassa y_n :

$$x = v_0 t \cos \alpha \Rightarrow t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$$

$$y_n = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{x}{v_0 \cos \alpha} - \frac{1}{2} g t^2 = x \tan \alpha - \frac{1}{2} g t^2$$

$$\Rightarrow t_n = \sqrt{\frac{2 \cdot (x \tan \alpha - y_n)}{g}} \quad (6)$$

Tarkastellaan taulun putoamista, jossa liike tapahtuu vain y-suunnassa:

$$y_t = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2, \quad v_0 = 0$$

$$\Rightarrow y_t = -\frac{1}{2} g t^2 \quad (7)$$

Putoamiseen kuuluva aika voidaan ratkaista yhtälöstä (7):

$$t_t = \sqrt{\frac{2y_t}{g}} \quad (8)$$

Oletuksen mukaan yhtälöt (6) ja (8) ovat yhtä suuria. Kuvan 11 mukaan voidaan todeta, että:

$$\tan \alpha = \frac{y_t + y_n}{x} \Rightarrow y_t = x \tan \alpha - y_n \quad (9)$$

Sijoitetaan yhtälö (9) yhtälöön (8),

$$t_t = \sqrt{\frac{2(x \tan \alpha - y_n)}{g}} \quad (10)$$

todetaan, että $t_t = t_n$.

Todetaan putoamisajat yhtä suuriksi myös kokeellisesti. Jotta koe voidaan toteuttaa, on aluksi mitattava kuinka korkealla taulun keskiosa on lattian pinnasta h , sekä etäisyys s , josta nuoli laukaistaan ja korkeus y , jolta nuoli ammutaan. Tämän jälkeen nuoli laukaistaan. Osuman jälkeen mitataan matka, jonka taulu putosi y_t , sekä nuolen osumakorkeus ampumiskorkeudesta y_n .

Taulukko IV. Nuolikokeessa mitatut arvot

etäisyys taulusta s/m	taulun korkeus h/m	Korkeus, jolta nuoli ammutaan y/m	Nuolen osumakorkeus ampumiskorkeudesta y_n/m	Taulun putoama matka y_t/m
2,43	1,19	0,46	0,48	0,26
		0,57	0,23	0,38
		0,78	0,10	0,33
		0,83	0,11	0,24

Lasketaan taulukon IV ja kaavojen (6) ja (8) avulla putoamiseen kuluneet ajat taulukkoon V.

Taulukko V. Lasketut arvot taulun ja nuolen putoamiselle.

	Nuolen ja taulun välinen korkeusero $(h-y)/m$	lähtökulma α	aika, jonka nuoli putoaa ennen osumista t_n/s	aika, jonka taulu putoaa ennen osumista t_t/s
1	0,73	16,72 °	0,226	0,230
2	0,62	14,31 °	0,282	0,278
3	0,41	9,58°	0,251	0,259
4	0,36	8,43 °	0,226	0,221

Lähtökulma lasketaan suorakulmaisen kolmion avulla, jolloin ensimmäiselle osumalle saadaan lähtökulma:

$$\tan \alpha = \frac{h-y}{s}$$

$$\Rightarrow \alpha = \tan^{-1} \frac{h-y}{s} = \tan^{-1} \left(\frac{0,73 \text{ m}}{2,43 \text{ m}} \right) = 16,72^\circ$$

Nuolen putoamisajaksi ensimmäisessä kohdassa saadaan kaavan (6) mukaan

$$t_n = \sqrt{\frac{2 \cdot (s \tan \alpha - y_n)}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (2,43 \text{ m} \tan 16,72^\circ - 0,48 \text{ m})}{9,81 \text{ m/s}^2}} = 0,2257 \text{ s}.$$

Vastaavasti ensimmäisessä kohdassa taulun putoamisajaksi saadaan kaavan (8) avulla

$$t_t = \sqrt{\frac{2y_t}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,25 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2}} = 0,2258 \text{ s} \approx 0,226 \text{ s}$$

Taulukosta V huomataan, että mittauksilla saadaan oikeanlaisia tuloksia. Taulukon V putoamisajoista voidaan havaita, että nuoli ei osunut kertaakaan aivan keskelle maalitaulua. Virheitä mittauksiin ja varsinkin osumatarkkuuteen tuo kumilangan elastisuuden häviäminen sekä mahdolliset kytkimen kosketushäiriöt. Osumatarkkuuteen vaikuttaa myös nuolen tähtääminen.

4.2. Tasapainolaite

Pariisin näyttelyssä vuonna 1955 Saarnion tasapainolaite palkittiin hopeamitalilla. Tämä väline on valmistettu alumiinisista levyistä joiden väliin on kiinnitetty kääntönivelin alumiinitanko, jonka keksipisteeseen on asetettu kuvan 13 mukaan ketju. Tämä ketju havainnollistaa niin sanottua luotiviivaa. (liite 2)

Laitteen kaltevuutta voidaan muuttaa kääntönivelien avulla, kun luotiviiva ei enää kohtaa tukipintaa laite menettää tasapainonsa ja kaatuu (liite 2). Laitteesta on ollut hänen vuoden 1957 laiteluettelon mukaan vastaavanlainen, mutta puusta valmistettu versio, jossa kääntönivelien tilalla oli pallonivelet (liite 1).

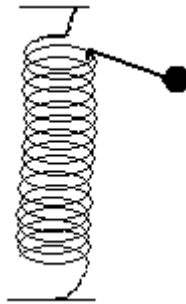


Kuvia 13. Elisenvaaran lukiosta löytynyt Saarnion valmistama tasapainolaite

4.3. Tasaisen liikkeen, ratatangentin sekä sentripetaalivoiman tutkiminen

Brysselissä vuonna 1955 hopeamitalilla palkittiin Saarnion laite, jolla voidaan havainnollistaa ympyräliikkeeseen liittyviä käsitteitä. Laitteen pääosana on pystysuorassa oleva kierrejousi, johon voidaan koukun avulla asettaa erilaisia laitteita, jotka joutuvat ympyräliikkeeseen. (liite 1 ja 2) Laite on mielenkiintoinen, mutta sen tarkasta toimivuudesta ei ole varmuutta, sillä kyseistä laitetta ei syksyn 2005 aikana ole löytynyt.

Tasainen liike voidaan määrittää asettamalla kierrejouselle sauva, jonka päässä on pallo kuvan 14 mukaisesti. Sauvalle annetaan jokin alkunopeus, joka muuttuu pian tasaiseksi nopeudeksi. Seuraavaksi mitataan aika, joka sauvalta kuluu tiettyyn määrään kierroksia. Muutetaan toiseen mittaukseen jousen kireyttä ja mitataan jälleen aika. Vertailemalla näiden kahden mittauksen tuloksia havaitaan, että matkat ja ajat ovat suoraan verrannollisia. Tämän demonstraation avulla voidaan havainnollistaa tasaiseen pyörimisliikkeeseen liittyviä käsitteitä kuten pyörimisnopeus ja kulmanopeus.(liite 1)



Kuva 14. Kierrejousi, johon on asetettu sauva, jonka päässä on pallo tasaisen liikkeen tutkimista varten

Liikkeen suunta pyörimisen jälkeen eli ratatangentti voidaan esittää myös tällä laitteella. Jousen kierteille asetetun sauvan päähän lisätään nyt lycopodiumjauheella päällystetty teräskuula. Jousen alle asetetaan musta levy, jolle piirretään kuulan projektiympyrä eli se ympyrä, jonka kuula pyöriessään muodostaa. Kuulan ollessa tarpeeksi lähellä levyä siinä oleva puikko pysäyttää sauvan liikkeen. Törmäyksen seurauksena pallo putoaa ja piirtää vierieessään levyllä ratatangentin sille piirretylle projektiympyrälle.(liite 1)

Tasaisen ympyräliikkeen yhteydessä on ennen käytetty termiä sentripetaalivoima, joka tunnetaan nykyään keskihakuisvoimana. Keskihakuisvoima kuvaa vakion suuruista ympyrän keskipisteeseen suunnattua voimaa ⁶:

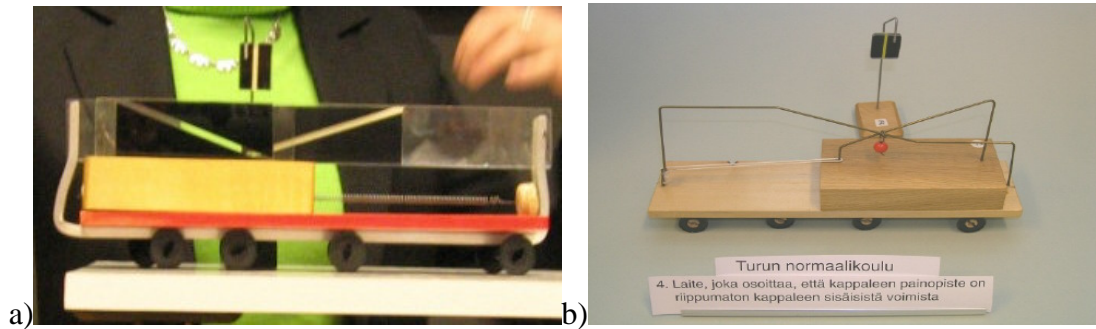
$$F = \frac{mv^2}{r} \quad (11)$$

Keskihakuisvoiman käyttäytymistä voidaan havainnollistaa myös tämän laitteen avulla. Jousen kierteille sauvaan asetetaan heilurit, joista toinen nojaa lycopodiumjauheella päällystettyyn metallikaiteeseen. Ulospäin kääntyessään heiluri pyyhkii osan jauheesta pois, osoittaen heilurin asennon. Jousen keskikohdalla on tihentymä, jota ennen mitataan esim. kymmeneen kierrokseen kulunut aika. Sauva pysähtyy itsestään tihentymään. Tämän jälkeen taululle voidaan piirtää metallikaiteeseen syntyneen jäljen, narun pituuden sekä pyörimissäteen avulla kuva demonstraatiosta. Tämän jälkeen voidaan laskea kaavan (11) mukaan keskihakuisvoiman suuruus, kun kierrostaajuus ja ympyrän säde tunnetaan. Saarnion laiteluetteloiden mukaan taululle piirretystä kuvasta voidaan myös mitata keskihakuisvoima, joka on yhtä suuri kuin laskettu voima. (liite 1 ja 2)

4.4. Painopisteen säilyminen

Vuonna 1956 Pariisin keksijämessuilla tämä kokonaan Saarnion omaa suunnittelua oleva laite palkittiin hopeamitalilla. Tämän palkinnon lisäksi Ranskan opetusministeriö myönsi tästä ja Saarnion toisesta, samoilla messuilla olleesta välineestä (kalteva taso tasaisesti kiihtyvän liikkeen tutkimiseksi, esiintyy laiteluetteloissa myöhemmin nimellä pudotin g:n arvon määrittämiseksi) arvostetun Vermeil-mitalin.⁴(liite 1)

Laitteen tarkoituksena on osoittaa, että vaikka laite liikkuu sisäisen voiman vaikutuksesta, tasapaino säilyy ympäristöön nähden samana. Opetusväline muodostuu kahdesta puukappaleesta, joista toinen liukuu toisen päällä vieterin tai kumilangan vetämänä. Laitteen yllä on kaksi liuskaa, joissa on läpinäkyvät raot (kuva 15 a) tai metalliset puikot, jotka on yhdistetty metallilangan ja helmen avulla (kuva 15 b). Liuskoissa laitteen painopisteen ilmaisee valoisa suunnikas, kun toisessa versiossa laitteen painopisteen ilmoittaa helmi. (liite 1, 2 ja 3)

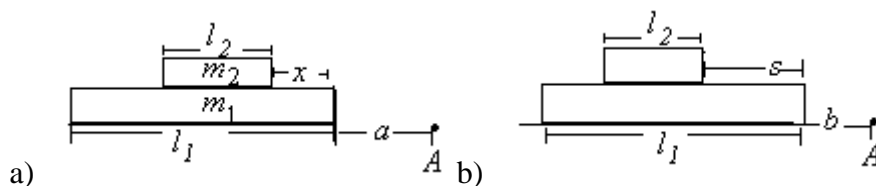


Kuva 15 a) Painopistelaite, jonka päällä olevien liuskojen valoisien ikkunoiden muodostava suunnikas ilmoittaa laitteen painopisteen paikan.

b) Painopistelaite, jossa painopisteen paikan ilmoittaa helmi.

Kappaleista ylimmäinen vedetään alimmaisen kappaleen toiseen päähän siten, että jousi tai kumilanka venyy. Se kiinnitetään paikoilleen nykäistävän salvan avulla ja asetetaan rullien päälle. Nyt asetetaan painopisteen osoittamaan kohtaan osoitin, joka muodostaa huutomerkkin joko suunnikkaan tai helmen kanssa. Salpa nykäistään pois ja samalla koko laite lähtee liikkeelle. Liikkeen pysähtyessä havaitaan, että laitteen painopiste on palannut huutomerkkin kohdalle. (liite 1, 2 ja 3) Laitteen toiminnassa on tärkeää, että nykäisy tapahtuu hyvin nopeasti, muulloin koko kappaleen liikkuminen häiriintyy eikä painopiste palaudu kohdalleen.

Tämän laitteen toiminnalle voidaan esittää myös matemaattinen todistus. Todistetaan, että matka jonka koko kappale liikkuu, on yhtä suuri kuin ylimmän kappaleen liikkuma matka salvan nykäisemisen jälkeen. Lasketaan aluksi kappaleen painopisteen paikka, kun se on levossa.



Kuva 16 a) Laitteen sisäiset etäisyydet sekä koko laitteen etäisyys pisteestä A ennen salvan nykäisyä

b) Sisäiset etäisyydet sekä systeemin etäisyys pisteestä A liikkeen jälkeen

Kuvassa 16 l_1 on alemman kappaleen pituus ja l_2 on ylemmän kappaleen pituus, x sen sijaan ilmoittaa ylemmän kappaleen etäisyyden alemman kappaleen toisesta päästä.

Näiden arvojen perusteella voidaan määrittää laitteen painopiste. Tarkastellaan painopisteen paikkaa laitteen sisäisessä koordinaatistossa enne liikettä⁶:

$$x_1 = \frac{m_1(l_1/2) + m_2(x + l_2/2)}{m_1 + m_2} \quad (12)$$

Liikkeen jälkeen ylempään kappaleen paikka sisäisessä koordinaatistossa on s kuvan 16 b) mukaisesti. Lasketaan kappaleen painopisteen paikka liikkeen jälkeen:

$$x_2 = \frac{m_1(l_1/2) + m_2(s + l_2/2)}{m_1 + m_2} \quad (13)$$

Kaavojen (12) ja (13) avulla voidaan laskea painopisteen muutos:

$$x_2 - x_1 = \frac{m_1(l_1/2) + m_2(s + l_2/2)}{m_1 + m_2} - \frac{m_1(l_1/2) + m_2(x + l_2/2)}{m_1 + m_2}$$

$$x_2 - x_1 = \frac{m_2(s - x)}{m_1 + m_2} \quad (14)$$

Nyt tunnetaan painopisteen muutos, joten seuraavaksi pitää selvittää koko laitteen liikkuma matka. Laskemisen avuksi valitsemme jonkin pisteen A, jonka suhteen liikettä tarkastellaan. Kuvasta 16 a) voidaan laskea koko laitteen painopisteen etäisyyttä pisteestä A:

$$x_3 = \frac{m_1(a + l_1/2) + m_2(x + a + l_2/2)}{m_1 + m_2} \quad (15)$$

Kuvan 15 b) mukaan painopisteen etäisyys pisteeseen A:

$$x_4 = \frac{m_1(b + l_1/2) + m_2(b + s + l_2/2)}{m_1 + m_2} \quad (16)$$

Nyt voidaan laskea koko laitteen liikkuma matka kaavojen (15) ja (16) avulla.

$$\frac{m_1(a + l_1/2) + m_2(x + a + l_2/2)}{m_1 + m_2} = \frac{m_1(b + l_1/2) + m_2(b + s + l_2/2)}{m_1 + m_2}$$

$$m_1a + \frac{m_1l_1}{2} + m_2x + m_2a + \frac{m_2l_2}{2} = m_1b + \frac{m_1l_1}{2} + m_2b + m_2s + \frac{m_2l_2}{2}$$

$$a(m_1 + m_2) - b(m_1 + m_2) = m_2(s - x)$$

$$a - b = \frac{m_2(s - x)}{m_1 + m_2} \quad (17)$$

Vertaamalla kaavoja (14) ja (17) huomataan, että painopisteen muutos on yhtä suuri kuin liikuttu matka.

Tutkitaan laitteen toimivuutta mittauksilla. Jotta pystytään laskemaan laitteen liikkuma matka, piirretään paperiin jälki ennen ja jälkeen liikkeen. Mitataan myös ylemmän kappaleen liikkuma matka. Ylemmän kappaleen pituus $l_2 = 15,0$ cm ja alemman kappaleen pituus $l_1 = 31,0$ cm. Kappaleiden massat olivat $m_2 = 181$ g ja $m_1 = 221$ g.

Mittaamalla nähdään, että ylemmän kappaleen etäisyys alemman kappaleen päästä ennen nykäisyä oli $x = 0,9$ cm. Tämä arvo pysyy salvan vuoksi samana jokaisessa mittauksessa. Painopisteen muutos saadaan laskettua suoraan kaavan (14) avulla:

$$x_2 - x_1 = \frac{m_2(s - x)}{m_1 + m_2} = \frac{181 \text{ g} \cdot (13,0 \text{ cm} - 0,9 \text{ cm})}{221 \text{ g} + 118 \text{ g}} = 6,6 \text{ cm}$$

Taulukko VI. Painopisteen ja liikutun matkan tarkastelu

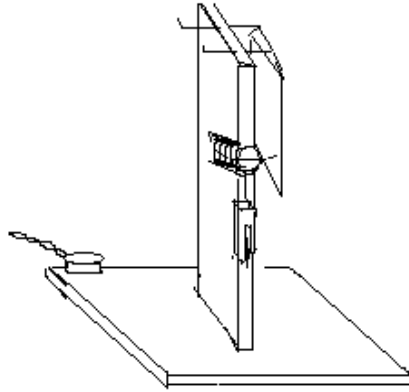
	etäisyys lähtöpäästä liikkeen jälkeen s/cm	liikuttu matka/ cm	$x_2 - x_1$
1	13,0	5,6	6,6
2	14,4	7,0	7,4
3	13,8	7,6	7,1
4	10,7	5,2	5,4
5	11,6	5,6	5,9
6	13,1	6,7	6,7

Taulukosta VI nähdään, että aivan täsmällisesti samoja arvoja ei saada. Virheeseen vaikuttaa suurimpana tekijänä salvan nopea vetäisy, sillä jos salpaa ei vedetä tarpeeksi nopeasti, kappaleen painopiste ei palaudu. Toinen vaikuttava tekijä on päällimmäisen kappaleen liikkuminen, sillä se ei aina pysähtynyt aivan suoraan alemmalla levyllä. Tällöin ylemmän kappaleen liikkuman matkan mittaaminen on hankalaa. Myös viivojen lukeminen ja mittaaminen aiheuttavat mittaustuloksissa virhettä.

4.5. Putoamiskiihtyvyyden arvon määrittäminen

Nykyisin putoamiskiihtyvyys voidaan mitata mm. jaksottimen avulla, jonka jonkinlainen esi-isä on Saarnion valmistama pudotin g:n arvon määrittämiseksi. Tämä kyseinen laite palkittiin Pariisissa 1956 kultamitalilla sekä aikaisemmin esitellyn painopisteen säilymisen osoittavan laitteen kanssa Vermeil mitalilla.⁴(liite 1 ja 2)

Saarnio on aikanaan valmistanut useita laitteita g :n määrittämiseen, ja näistä ensimmäinen versio on esitelty vuoden 1952 Matemaattisten Aineiden aikakauskirjassa (kuva 17). Laitteessa on sähkömagneetti, joka toimii vaihtovirran avulla. Laitteen kytkeminen verkkoon saa laitteessa olevan teräsrousen värähtelemään ja piirtämään noetulle lasilevylle laajenevan sinikäyrän lasilevyn pudotessa. Lasilevy on kiinnitetty ohuella langalla pudottimessa oleviin koukkuihin, josta se putoaa, kun lanka poltetaan poikki.⁹



Kuva 17. Saarnion vuoden 1952 Matemaattisten Aineiden aikakauskirjassa esittämä pudotin

Putoamiskiihtyvyyden arvo saadaan määrättyä, kun lasilevyltä mitataan kaksi peräkkäistä n :n aallon välistä matkaa, jotka ovat a ja b . Putoamiseen kulunut aika on kummallekin matkalle sama. Vaihtovirran jaksoluku on 50, joten ajaksi saadaan⁹:

$$t = \frac{n}{100} \text{ s} \quad (18)$$

Tällöin putoamiskiihtyvyys on:

$$g = \frac{v - v_0}{t} = \frac{\frac{a}{t} - \frac{b}{t}}{t} = \frac{a - b}{t^2} = \frac{a - b}{\frac{n^2}{100^2}} = \frac{1000 \cdot (a - b)}{n^2}$$

koska a :n ja B :n arvot saadaan millimetreinä voidaan kaavaa sieventää

$$g = 10 \frac{(a - b) \text{ m}}{n^2 \text{ s}^2} \quad (19)$$

Pariisissa voittanut laite toimii pudottimen lisäksi myös kaltevana tasona, jolla voidaan tutkia tasaista kiihtyvyyttä. Laite toimii lähes edellisen tapaan, mutta tällä kertaa mitataan putoavan pallon putoamiskiihtyvyyttä. Pallo pudotetaan nykäsellä

katkaisijana toimiva selluloidilevy pois. Tämä saa aikaan vieterin sykinnän, joka loppuu, kun pallo iskeytyy taustalevyn alapäässä olevan portin läpi katkaisten samalla virran. Virran ollessa kytkettynä laitteessa oleva sormi piirtää sinkkilevylle aaltoviivan. Siinä olevien tihennysten ja harvennusten summa antaa kuluneen ajan. Putoamismatka voidaan mitata helposti taustalevylle upotetusta mittanauhasta. Laite on ulkonäöltään hyvin paljon myöhemmin esitetyn kvartsikellon näköinen (kuva 19). Tiedossa ei kuitenkaan ole miten sinkkilevylle piirtäminen onnistuu, koska laitetta ei ole tutkimusten aikana kouluista löytynyt eikä Saarnion kuvaus laitteesta sitä kerro. (liite 1 ja 2)

Myöhemmin hän kehitti pudottimen myös levysoittimeen (kuva 18), jonka kierrosluku oli 78/60s. Tällaiselle levysoittimelle asetetaan levy, joka on kalkeeripaperilla päällystetty. Levysoittimen yläpuolelle asetetaan sähkömagneetti, joka toimii taskulampun paristolla. Soittimen reunassa on sähkömagneettiin yhteydessä oleva portti. Levyssä oleva ulkonema katkaisee virran sähkömagneetista levyn osuessa porttiin. (liite 3)

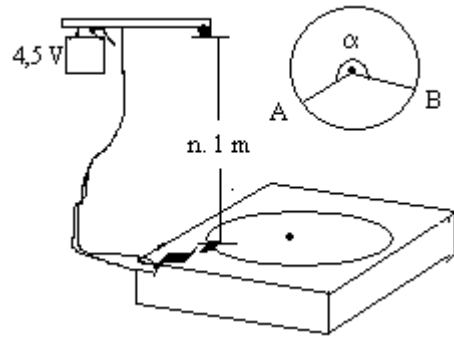
Ensimmäinen mittaus suoritetaan asettamalla soitin magneetin alle niin, että kuula pudotessa osuu levyn reunaan. Merkitään tätä pistettä A:lla. Asetetaan levyn ulkonema tähän kohtaan ja käynnistetään levysoitin. Suoritetaan toinen pudotus lisäämällä portti lähelle levyä sen pyöriessä. Kuula putoaa, kun ulkonema osuu porttiin. Kuulan putoamiskohtaa voidaan merkitä B:llä. AB kulma voidaan mitata levylle asetetun astelevyn avulla johon kalkeeripaperi on painanut jäljen.(liite 3)

Putoamiseen kulunut aika saadaan, kun tunnetaan levysoittimen kierrosnopeus 78/60s sekä kaaren pituus.

$$t = \frac{\alpha}{360^0} \frac{78}{60} \text{s} \quad (20)$$

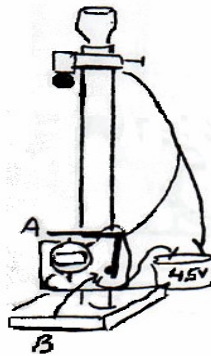
Putoamiskiihtyvyys voidaan laskea seuraavasti:

$$g = \frac{v}{t} = \frac{\frac{AB}{t}}{t} = \frac{\frac{\alpha}{360^0} \cdot 2\pi r}{\left(\frac{\alpha}{360^0} \frac{78}{60}\right)^2} = \frac{2\pi r}{\frac{\alpha}{360^0} \left(\frac{78}{60} \text{s}\right)^2} \quad (21)$$



Kuva 18. Saarnion valmistama pudotin levysoittimelle.

Vielä vuonna 1981 Saarnio kehitti kvartsikellolla toimivan pudottimen putoamiskiihtyvyyden määrittämiseksi (kuva 19). Sen toiminta perustuu palkitun laitteen toimintaan, kuitenkin niin, että putoamiseen kulunut aika saadaan suoraan kvartsikellosta. Kuulan putoaminen kytkee virran kelloon ja kuulan iskeytyminen kelloon katkaisee virran.



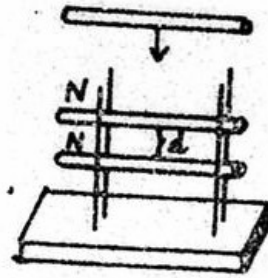
Kuva 19. Kvartsikellolla toimiva laite putoamiskiihtyvyyden määrittämiseksi.

4.6. Coulombin laki

Charles Augustin de Coulomb tutki varattujen kappaleiden välistä voimaa yksityiskohtaisesti vuonna 1784. Coulomb keksi, että pistemäisten varausten q_1 ja q_2 , joiden välimatka on r , aiheuttama voima F on kääntäen verrannollinen niiden väliseen etäisyyden neliöön. Pisteverausten voimakkuus sen sijaan on suoraan verrannollinen voimaan. Kaavassa (13), joka esittää Coulombin lain yhtälönä, k on vakio, joka riippuu käytetyistä yksiköistä.⁶

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \quad (22)$$

Vuonna 1958 Saarnio palkittiin kultamitalilla Pariisissa omasta Coulombin lain havainnollistavasta laitteestaan. Saarnion laitteessa pistemäisinä varauksina toimivat kaksi yhtä suurta tankomagneettia (kuva 20). Magneetit asetetaan kuvan 20 mukaisesti niin, että samannimiset kohtiot ovat päällekkäin, jolloin ylempi magneetti ”kelluu” alemman päällä.(liite 1, 2 ja 3)



Kuva 20. Saarnion piirtämä kuva Coulombin lain havainnollistavasta laitteestaan

Magneettien väli voidaan mitata, Saarnion laiteluetteloissa on magneettien väliksi ilmoitettu 17,9 mm. Tämän mittauksen jälkeen asetetaan ylemmän magneetin päälle lisäpaino, joka painaa yhtä paljon kuin itse magneettikin. Tällöin voima kaksinkertaistuu ja magneettien välimatka pienenee nyt 12,6 mm.(liite 1, 2 ja 3) Laskemalla välimatkojen ja voimien suhde kaavaa (22) käyttäen saadaan:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{\frac{k|q_1q_2|}{F_1}}}{\sqrt{\frac{k|q_1q_2|}{F_2}}} = \sqrt{\frac{F_2}{F_1}} \quad (23)$$

Sijoitetaan kaavaan (23) Saarnion ilmoittamat arvot ja lasketaan molemmat puolet erikseen:

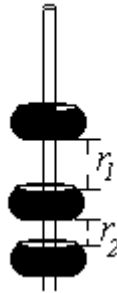
$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{17,9\text{mm}}{12,6\text{mm}} = 1,421$$

$$\sqrt{\frac{2F_1}{F_1}} = 1,414$$

Vastaavanlainen mittaus voidaan tehdä tangon ja kolmen samanlaisen pyöreän magneetin avulla, joissa on keskellä reikä. Mittaamisessa on syytä käyttää muovista työntömittaa, jolloin mittausvirhe pienenee. Mitataan etäisyydet kuvan 21 mukaisessa tapauksessa. Mitatut etäisyydet on ilmoitettu taulukossa VII.

Taulukko VII. Pyöreiden magneettien etäisyydet Saarniota vastaavanlaisessa koejärjestelyssä

r_1/cm	r_2/cm
2,15	1,34



Kuva 21. Pyöreiden magneettien avulla toteutettu mittaus Coulombin laille.

Lasketaan tapausten 1. ja 2. etäisyyksien suhde:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{2,15 \text{ cm}}{1,34 \text{ cm}} = 1,597$$

Tuloksista voidaan todeta, että Saarnion valmistama laite sekä vastaavanlainen koejärjestely toimii antaen oikeanlaisia tuloksia. Virhettä syntyy magneettien välimatkan mittaamisessa sekä siitä että massat eivät ole täysin yhtä suuret. Suurin virhe pyöreiden magneettien tapauksessa syntyy magneettien geometriasta. Pyöreiden magneettien pinta-ala vaikutuksesta ne eivät toimi pistemäisinä kappaleina, varsinkaan jos ajatellaan magneetin säteen kasvamista.

4.7. Ydinreaktion havainnollistava väline

Tiettävästi viimeisen palkintonsa ulkomailta Saarnio sai vuonna 1961 Brysselin näyttelystä. Väline on tarkoitettu ydinreaktion havainnollistamiseen, vaikka se ei toimi minkään fysikaalisen ilmiön selityksenä sen idea on hauska ja sitä on helppo käyttää.(liite 1, 2 ja 3)

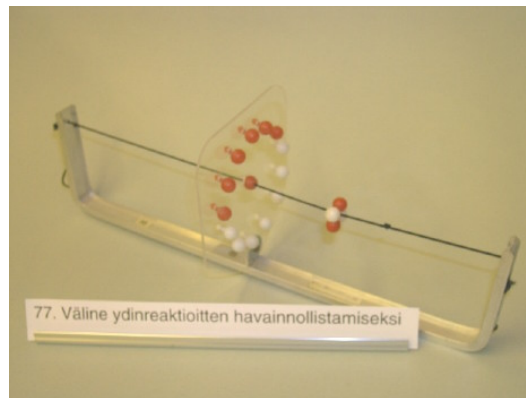
Ydinreaktio ei aina ole luonnollinen tapahtuma, vaan se saadaan tapahtumaan myös keinotekoisissa olosuhteissa. Ernest Rutherford kokeili vuonna 1919 ensimmäisenä näitä keinotekoisia olosuhteita pommittamalla α -hiukkasilla typpikaasua ja sai

tulokseksi happea ja vetyä. Tämä kyseinen tapahtuma voidaan kirjoittaa seuraavanlaisesti reaktioyhtälöksi⁶:



Ydinreaktiot noudattavat useita klassisia lakeja, kuten varauksia, liikemäärää, pyörimismäärää, ja energiaa koskevia lakeja. Näiden klassisten lakien lisäksi reaktioissa säilyy massaluku.⁶

Saarnion laite kuvaa edellä mainitun Rutherfordin kokeen ydinreaktion. Havaintovälineen ideana on näyttää, miten muodostuvat uudet ytimet eli vety ja happi. Kuten kuvassa 22 näkyy, laitteen keskellä on kiinteä levy johon on kiinnitetty ympyrän muotoon helmiä, joista punaiset ovat protoneja ja valkoiset neutroneja.⁶ (liite 1 ja 2)



Kuva 22. Ydinreaktion havainnollistava laite.

Levyn keskellä on juuri helmen mentävä reikä. Levy on kiinnitetty alumiinisesta verho-kiskosta valmistettuun telineeseen jonka päiden väliin on asetettu kumilanka. Kumilangalla on helmistä valmistettu helium-atomien malli sekä levyn reiässä yksi vapaana oleva punainen helmi eli protoni. Kumilanka venytetään niin, että vapaana oleva helmi pysyy paikallaan ja sen vapauttamisen jälkeen helium-atomien edessä oleva solmu työntää vapaan protonin levyn läpi, jonka seurauksena siitä muodostuu vetyatomi. Levystä ja helmiryppästä muodostuu näin ollen happiatomien malli.⁶(liite 1 ja 2)

Laite on tarkoitettu ydinreaktion havainnollistamiseen ja siihen se onkin oivallinen apuväline, sillä sen avulla voidaan mekaanisesti nähdä kaavan (24) mukaisen reaktion tapahtuminen.

5. Muu tuotanto

Saarnion tuotanto voidaan jakaa kolmeen ryhmään, täysin omiin keksintöihin, osakeksintöihin ja laitteisiin, jotka on valmistettu helpottamaan omaa opetusta. Olisi vaikea määrittää, mitkä hänen laitteistaan kuuluvat mihinkin ryhmään, ellei hän olisi merkinnyt niitä nykyiselle Isvetin toimitusjohtajalle osoitetussa vuoden 1974 välineluettelossa.

5.1. Täysin Saarnion keksimät laitteet

Saarnion kaikki välineluettelot kollegoille alkavat mekaniikan laitteilla. Ja ensimmäisenä välineenä on hänen tärkein laitteensa, joka on kaikilta osilta hänen itsensä kehittämä, Saarnion nuolella. Myös muut hänen palkitut laitteensa ovat täysin hänen omaa käsialaansa. Palkittujen laitteiden lisäksi hänellä on 14 muuta laitetta, jotka ovat hänen kehittämiään. Näistä kaksi on jo esitelty putoamiskiihtyvyyden määrittämisen yhteydessä (pudotin levysoittimelle ja kvartsikellolla toimiva pudotin).

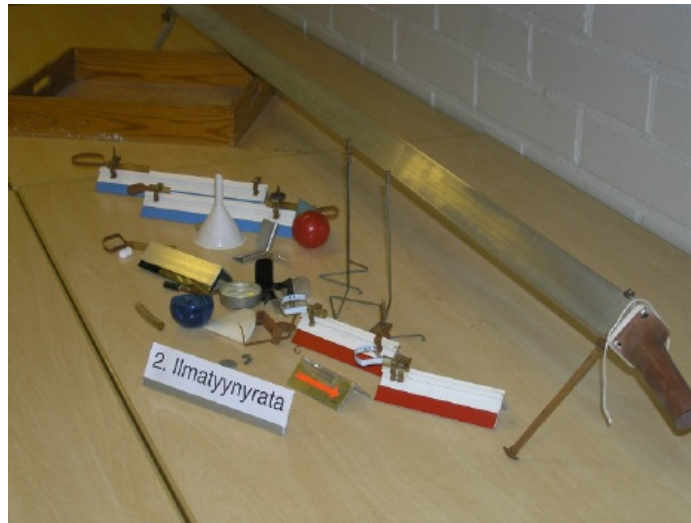
5.1.1. Ilmatyynyraata ja lisälaitteet

Saarnio valmisti itse myös ilmatyynyraatoja (tietävästi pisin ilmatyynyraata on ollut 3 m pitkä) ja niihin tarvittavia välineitä, näitä on esitelty kuvassa 23. Lisävälineitä ilmatyynyradalle hän on merkinnyt listaan keksineensä yhteensä viisi. Näistä neljä toimii erilaisten kelkkojen sekä niihin lisättävien kappaleiden avulla. Kaikkia erilaisia kelkkoja ei ole kouluista löytenyt, joten joidenkin lisävälineiden tarkasta toiminnasta ei ole tietoa.

Reaktiolakia voidaan havainnollistaa kelkan avulla, jonka alapintaan on koverrettu kammio ja poistoaukko. Radalla ollessaan kelkka lähtee liikkeelle ilman työntyessä kammioista poistoaukon kautta ulos, joten ulkopuolista liikkeelle panijaa ei tarvita. (liite 3)

Toinen oma keksintö ilmatyynyradalle on ilmanvastuksen ja kappaleen muodon vaikutus kappaleen liikkeeseen. Tässä kelkka asetetaan hieman kaltevalle tasolle liukuun ja ilmanvastuksena toimii pölynimuri tai hiustenkuivaaja. Kelkan päälle asetetaan puikko, jonka päähän asetetaan erimuotoisia vastuskappaleita, joiden

vaikutusta liukumatkaan seurataan. Kokeen voi tehdä myös mittaamalla ilmanvastuksen suuruutta vetämällä jousivaa'alla kelkkaa kohti puhaltajaa.(liite 2 ja 3)



Kuva 23. Ilmatyynyra ja lisälaitteita

Ilmatyynyradalla harmonisen värähtelyn tutkimista varten Saarnio on suunnitellut kelkan, jonka päälle voidaan asettaa rengas. Renkaan läpi pujotetaan toisesta päästä statiiviin kiinnitetty metallilanka, jonka heilahdusaika mitataan. Systemiin lisätään kelkkoja, jonka jälkeen todetaan, että kelkkojen massojen neliöjuuret ovat suoraan verrannollisia heilahdusaikaan.(liite 2 ja 3)

Bernoullin laki voidaan havainnollistaa myös ilmatyynyradalla ja Saarnion valmistamalla pienellä siivekkeellä, joka voidaan asettaa kelkkaan. Jälleen hiustenkuivaajan tai muun puhaltimen ilmavirtojen vaikutuksesta kelkka lähtee liikkeelle.(liite 2 ja 3)

Tärkein keksintö ilmatyynyradalle on ajanmittauslaite (kuva 24). Se koostuu kolmesta pääosasta: sähkömagneetista, kellosta ja virrankatkaisijasta. Sähkömagneetti asetetaan kelkan päälle. Kelkka lähtee liikkeelle, kun pidättäjän virta katkaistaan. Virran katkaisu käynnistää kellon, joka pysähtyy kelkan törmätessä radan päässä olevaan pysäyttäjään.(liite 3)



Kuva 24. Ajanmittauslaite ilmatyynyraataan

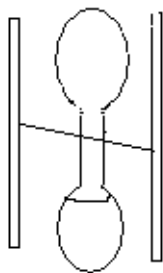
5.1.2. Koevälineitä piirtoheittimeen

Piirtoheittimen yleistyessä Saarnio luopui välineistöstä rainaheitintä varten, ja alkoi soveltaa keksintöjään piirtoheittimelle. Tämän lisäksi hän kehitti lisää välineitä, joilla voitaisiin havainnollistaa fysikaalisia ilmiöitä. Piirtoheittimen koevälineitä on 12, joista 5 esiintyy myös rainaheittimen lisävarustelistalla. Listaan on merkitty yksi osakeksintö ja 2 omaa keksintöä. Omista keksinnöistä toinen laite löytyy myös rainaheittimien lisävarustelistalta. (liite 2 ja 3)

Piirtoheitin mahdollisti kokeita, joissa valo tuli astian pohjasta. Saarnion omat keksinnöt ovat havaintomalleja, joilla voidaan demonstroida mm. aineiden olomuotoja ja magneettikenttää. Aineiden olomuotoja havainnoidaan akryylilevyllä, jossa on säännöllisin välimatkoin helmi. Helmet liikkuvat, kun levyä heilutellaan, jolloin aikaansaadaan molekyylien liikkeitä. Magneettikentän havainnollistamiseen tarvitaan kaksi magneettia sekä läpinäkyvä kotelo, jossa on rautalangan palasia. Piirtoheittimen osakeksinnöllä voidaan sen sijaan havainnoida sähköstaattisia kenttiä manna suurimoiden ja risiiniöljyn avulla. (liite 3)

5.1.3. Laite, joka saa liike-energiansa haihtumisesta ja säteilystä

Kahdesta lasipallosta ja lasiputkesta muodostuu Saarnion valmistama opetusväline, jonka toiminta perustuu lämpötilanmuutoksiin (kuva 25). Lämpötilanmuutos aikaansaa systeemin heilumisen, lasiputkeen asetetun akselin varassa. Alempi lasipalloista on täytetty nesteellä. Laitteen tarkoituksena on osoittaa haihtumisen ja säteilyn vaikutus systeemin liikkeeseen. (liite 3)



Kuva 25. Laite, joka saa liike-energiansa haihtumisesta ja säteilystä. Laitteessa on kaksi lasipalloa, jotka on yhdistetty lasiputkeen., jossa on akseli.

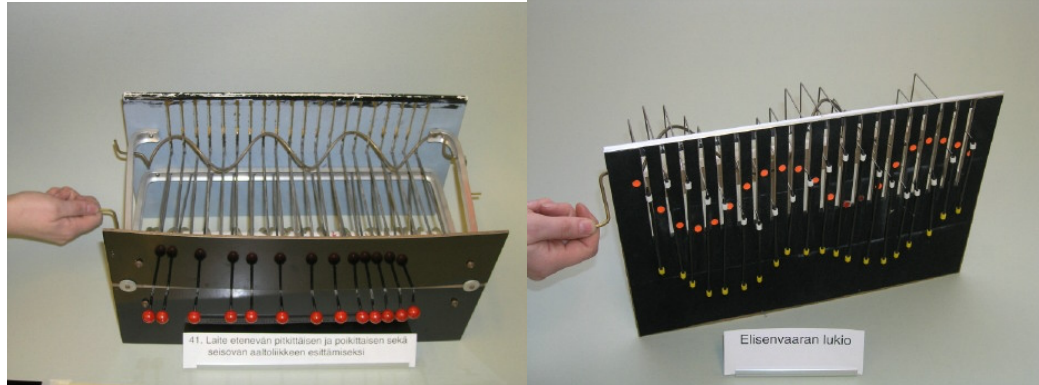
Kostutetaan spriiliuokseen kangasliuska, joka asetetaan ylemmän pallon päälle. Spriiliuoksen haihtuessa, ylemmän pallon lämpötila alenee, aiheuttaen siinä ilmanpaineen alenemiseen. Tämän seurauksena alemassa pallossa oleva paine saa nesteen kohoamaan lasiputkeen. Nesteen kohoaminen aikaansaa systeemin kallistumisen, joka hetken päästä muuttuu heilumiseksi. Laitteen avulla voidaan tarkastella myös eri nesteiden haihtumisia, sillä heilahteluun kuluva aika on yhtä pitkä kuin haihtumiseen kuluva aika.¹⁰(liite 3)

Säteilyn vaikutusta voidaan havainnollistaa lämpötilaa kasvattamalla. Aluksi voidaan oppilaille esittää, että hehkulampun ja folion avulla heilumista ei saada aikaan. Folion tilalle laitetaan ”musta verho”, jonka jälkeen koe uusitaan ja heiluminen voidaan havaita. Heilumisen saa aikaan alemmassa lasipallossa olevan nesteen lämpeneminen. Lämpenemisen seurauksena neste laajenee ja nousee ylempään palloon. Laitteen avulla voidaan esittää myös erilaisten aineiden absorptiota eli kyky imeä lämpöä itseensä.¹¹(liite 3)

5.1.4. Aaltoliike

Aaltoliikkeen havainnollistamiseksi Saarnio on keksinyt hyvän ja havainnollisen idean, sillä hänen mekaaniset laitteensa antavat mahdollisuuden tutkia monia aaltoliikkeen ominaisuuksia, ilman että kuvioita tarvitsee havainnoida taululle. Näissä aaltoliikelaitteissa aallot on rakennettu helmistä, jotka on kiinnitetty metallipuikon päihin (kuva 26). Nämä puikot makaavat kelan päällä. Kelaa pyörittämällä aalto saadaan liikkeeseen.(liite 2 ja 3)

Saarnion valmistamilla aaltoliikelaitteilla voidaan havainnollistaa mm. aaltoliikkeen ja heilahduksen välistä yhteyttä, pitkittäisen ja poikittaisen aaltoliikkeen etenemistä sekä aaltojen interferenssiä.



Kuva 26. Aaltoliikkeen havainnollistamiseksi valmistetut laitteet. Vasemmalla; laite etenevän pitkittäisen ja poikittaisen sekä seisovan aaltoliikkeen esittämiseksi ja oikealla; laite aaltoliikkeiden interferenssin havainnollistamiseksi.

Helmirivilaitteen lisäksi hänellä on aaltoliikelaite, jossa on kalvolle piirretty aalto (kuva 27), jonka liike havaitaan telaa pyörittämällä. Tällä kyseisellä laitteella voidaan johtaa aaltoliikkeen kaavat sekä nähdä kohdat, joissa tulo- ja heijastusaallot kumoavat ja vahvistavat toisiaan.



Kuva 27. Aaltoliikelaite, jolla voidaan havainnollistaa aaltonauhan avulla mm. tulo- ja heijastusaallot

5.1.5. Muovikalvolinssi lisälaitteineen

Valonsäteiden käyttäytymistä silmässä voidaan havainnollistaa kahden kehyslevyn avulla (kuva 28). Kehyslevyjen keskellä on reikä, johon on asetettu läpinäkyvä kalvo.

Kalvot voidaan pullistaa lisäämällä vettä tai ilmaa niiden väliin, tai supistaa imemällä ne tyhjiksi. Näin syntyvät kupera ja kovera linssi.(liite 2 ja 3)



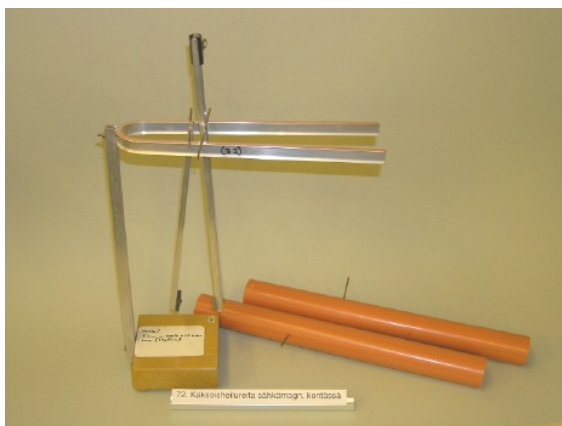
Kuva 28. Kehyslevyistä muodostettu linssi, jonka kuperuutta voidaan muokata oikeanpuoleisen ruiskun avulla. Linssin takana on punainen muovikalvo varjostimena.

Vedellä täytetyn linssin avulla voidaan havainnollistaa myös silmän mukautumiskykyä. Asettamalla linssin taakse kirkas valonlähde voidaan linssin toiselle puolelle asetetulla kalvolla nähdä valonlähde. Varsinainen mukautumiskyky voidaan havaita lampua siirrettäessä. Lampun siirtäminen saa selkeän kuvan häviämään, mutta se voidaan palauttaa lisäämällä tai poistamalla linssistä vettä eli toisin sanoen linssin kuperuuden muuttamisella. Silmälasien toiminta voidaan osoittaa asettamalla lasilinssi ”silmän” eteen.(liite 2 ja 3)

5.1.6. Kaksoisheilurit sähkömagneettisessa kentässä

Yksinkertaisista osista rakennetuilla kaksoisheilureilla voidaan havainnollistaa muuttuvan sähkökentän aiheuttama magneettikenttä ja energian siirtyminen (kuva 29). Laitteistoon kuuluu kolme heiluriparia. Ensimmäisen parin muodostavat akryyliputkista valmistetut kaksoisheilurit, jotka pysyvät telineessään putken läpi poratun akselin avulla. Näiden akryyliheilureiden tarkoituksena on ensin osoittaa, että varauksettomilla putkilla ei ole minkäänlaista vaikutusta toisiinsa, kun toinen putkista asetetaan heilahtelemaan. Kokeen toisessa osassa putket hangataan sähköisiksi ja toinen asetetaan heilahtelemaan. Hetken kuluttua voidaan havaita, että aluksi levossa ollut putki alkaa heilahdella ja ensin heilahdellut putki pysähtyy hetkellisesti kokonaan. Tämän avulla

voidaan todeta, että heilureiden sähköisten ominaisuuksien myötä heilureiden välillä siirtyy energiaa.(liite 2 ja 3)



Kuva 29. Akryyliputkesta tehty kaksoisheiluri (maassa) sekä magneettiset kaksoisheilurit telineessä.

Toinen heiluripari muodostuu alumiinikiskon palojen päihin kiinnitetyistä magneeteista. Heilurille voidaan tehdä vastaava koe, jonka seurauksena voidaan havaita paitsi magneettien poistovoima, myös akryyliputkiheilurien tapauksessa huomattu energian siirtyminen heilurilta toiselle.(liite 2 ja 3)

Laitteiston kolmas heiluripari on Saarnion laiteluettelon mukaan sähköinen heiluri, jolla voidaan todeta edellisten tapaan sähkökentässä syntyvä magneettikenttä. Tällaista heiluriparia ei kuitenkaan laitteeseen ole kouluista löytynyt.(liite 2 ja 3)

5.1.7. Atomit ja molekyylit

Saarnion keksinnöt käsittävät myös atomi- ja molekyyliopia, tosin suurin osa tämän aihealueen tuotteista ovat vain mekaanisia malleja. Täysin omiin keksintöihin kyseisestä aihealueesta kuuluu palkitun ydinreaktiomallin lisäksi taulu, jolla voidaan havainnollistaa Bohrin atomimallia ja alkuaineiden jaksollistajärjestelmää sekä uraaniytimen halkeamista esittävä mekaaninen laite. Bohrin atomimalli voidaan havainnollistaa magneettisten nastojen avulla, jolloin nastat vastaavat edellä esitettyjä kemian nastoja. Myös uraaniytimen halkeamista varten hän on kehittänyt oman taulun, jonka avulla voidaan lisätä oppilaiden mielenkiintoa aihetta kohtaan.(liite 2 ja 3)

5.2. Osakeksinnöt

Saarnion tuotanto sisältää myös osakeksintöjä, joiden osalta on kuitenkin hankala sanoa minkä osan hän on itse laitteessa keksinyt. On kuitenkin syytä tarkastella näitäkin keksintöjä, jotta Saarnion tuotannon laajuus selviäisi.

5.2.1. Keskipakoputki

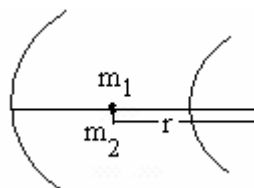
Läpinäkyvässä akryyliputkessa on kahdenlaisia helmiä, vettä tiheämpiä ja harvempia. Puolen metrin mittainen akryyliputki täytetään vedellä, jolloin havaitaan helmien ja veden välinen tiheys, tiheämmät putoavat pohjaan ja harvemmat jäävät pinnalle kellumaan. Helmet saadaan vaihtamaan paikkaansa, kun akryyliputki käännetään vaakatasoon ja putkea heilutetaan.(liite 3)

Keskihakuisvoiman vaikutuksesta raskaat helmet pyrkivät kehällä kauemmas, kuin vesi tai kevyet helmet. Toisin sanoen voima on suurempi tiheämmillä kappaleilla, kuin vettä harvemmillä helmillä.(liite 3)

Tarkasteltaessa asiaa matemaattisesti, oletetaan ensin, että helmien tilavuus on yhtä suuri, joten vettä tiheämpien helmien massa on tällöin myös suurempi m_1 , kuin vettä harvempien helmien massa m_2 . Nyt voidaan laskea helmien keskihakuisvoimat kaavan (11) avulla. Tarkastellaan tilannetta kohdassa, jossa helmet ovat yhtä etäällä putken toisesta päästä (kuva 30). Tässä kohtaan myös helmien nopeudet ovat hetkellisesti yhtä suuria.

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\frac{m_1 v_1^2}{r}}{\frac{m_2 v_2^2}{r}}, \text{ koska } v_1 = v_2$$

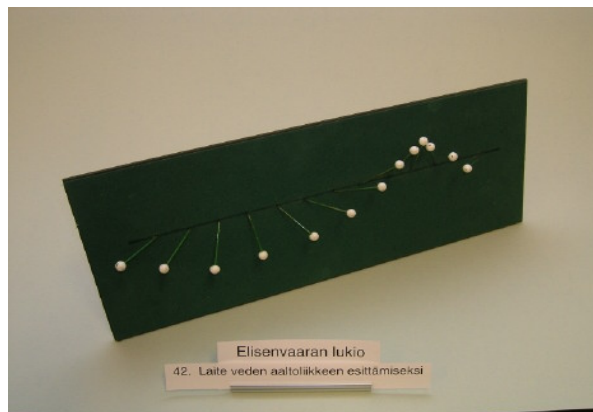
$$= \frac{m_1}{m_2}, \text{ koska } m_1 > m_2 \Rightarrow F_1 > F_2$$



Kuva 30. Helmet tarkastelu pisteessä yhtä etäällä pyörimisakselista

5.2.2. Laite veden aaltoliikkeen esittämiseksi

Mekaaninen malli veden aaltoliikkeestä toimii kuten edellä esitetyt laitteet aaltoliikkeen esittämiseksi. Ainoa eroavaisuus on, että tässä laitteessa helmet ovat ympyräliikkeessä (kuva 31). Tämä laite havainnollistaakin hyvin veden aaltoliikkeen, jota on vaikea havainnollistaa taululla. (liite 2 ja 3)



Kuva 31. Veden aaltoliikkeen esittävä laite.

5.2.3. Laite Örstedin kokeeseen

Hans Christian Örsted havaitsi vuonna 1819 magneettikentällä ja sähkövirralla olevan yhteyden. Hän asetti kompassin sähköjohdon päälle siten, että kompassin neula osoittaa johtimen mukaisesti pohjoiseen, kun johtimessa ei kulkenut virtaa. Kun johtimeen kytketään virta, joka kulkee etelästä pohjoiseen, kompassin neula liikahtaa kohti itää. Virran suuntaa muuttamalla pohjoisesta etelään neula heilahtaa kohti länttä.⁶

Saarnion laite Örstedin kokeelle on kokonainen laitteisto, jossa kompassina toimii magneettineula, joka on asetettu laitteiston keskelle kuvan 32 tavalla. Laitteiston johdintanko toimii kiinteänä johtimena, johon voidaan kytkeä sähkövirta kulkemaan haluttuun suuntaan. (liite 2 ja 3)



Kuva 32. Saarnion valmistama laite Örstedin kokeeseen

5.2.4. Laite sähkövirran magneettisen kentän tutkimiseksi

Alumiinisesta verhoikiskosta valmistettuun suorakulmaiseen kehykseen on kierretty johdinkäämi kuvan 33 mukaisesti. Kehyksen avoimeen kohtaan on asetettu muovinen levy, jossa on pieniä kammioita. Jokaisessa kammiossa on yksi meltorautapuikko. Kun käämiin kytketään tasavirta, asettuvat rautapuikot voimaviivakäyriksi. (liite 2 ja 3)



Kuva 33 Alumiinikiskosta valmistettuun kehykseen kierretty käämi ja meltorautapuikot helpottavat sähkövirran magneettikentän tutkimista.

6. Saarnion tuotanto ja tuon ajan opetuksen vaatimukset

6.1. Opetussuunnitelman ja tuotannon yhteys

Saarnion aloittaessa pedagogisen työnsä vuonna 1933 Ikaalisissa, oli voimassa vuonna 1916 hyväksytty opetussuunnitelma. Opetussuunnitelma oli sisällöltään hyvin suppea eikä siinä ollut selkeää tavoiteosaa. Tekemässään tutkimuksessa Matti Erätuuli kuitenkin löytää vuoden 1916 opetussuunnitelman sisältöä tarkastelemalla muutaman mahdollisen tavoitteen. Nämä tavoitteet käsittävät fysiikan peruskäsitteet, lait sekä fysiikalle ominaisen ajattelutavan. Varsinaisen tavoitteen puuttuminen antoi oppikirjoille suuren vastuun siitä mitä asioita tulisi opettaa. Verrattaessa fysiikan opetussuunnitelmaa muihin aineisiin voidaan huomata, että esimerkiksi matematiikan opettamisessa oli selkeämmät tavoitteet. Tämä toki selittyy pitkälti matematiikan pitkällä historialla verrattuna fysiikan opiskeluun.¹

Vuonna 1932 Oppikoulukomitea mietti mahdollisuuksia uudistaa muun muassa fysiikanopetusta. Fysiikan kohdalla komitean mietinnöt eivät kuitenkaan toteutuneet, sillä fysiikka sai uuden opetussuunnitelman vasta vuonna 1941. Uudistuksen myötä opetuksen tavoitteet ja päämäärät tulivat selkeämmiksi.¹ Jatkosodan syttyminen kuitenkin hidasti uuden opetussuunnitelman käyttöönottoa ja se toteutettiin täysipainoisesti vasta 1950-luvulla. Sodan aikana koulunkäynti ei kuitenkaan loppunut, vaikka nuoret miehet lähtivät rintamalle puolustamaan Suomea, sillä sotilaille oli annettu mahdollisuus tenttiä kursseja rintamalla.¹²

Uutta vuoden 1941 opetussuunnitelmassa, verrattuna edeltäjiinsä, oli siis sisällön ja tavoitteiden tarkentuminen. Niin fysiikka kuin kemiakin painottuivat pitkälti teollisuuteen ja maanpuolustukseen, ottaen huomioon myös ympäristön ja luonnon.¹² Tavoitteena voidaan pitää myös sitä, että opetettaessa tuli ottaa huomioon, että käsiteltävät asiat olivat käytännön läheisiä sekä tieteellisesti mielenkiintoisia. Asioiden tuli olla myös sellaisia, että peruskäsitteet opittiin niiden kautta. Itsenäiseen työskentelyyn tuli pyrkiä, sillä lasku- ja harjoitustehtävien tuli käsitellä sellaisia asioita, joista oppilaat olivat itse määrittäneet tarvittavat suureet esimerkiksi oppilastöiden kautta.¹

Oppilastöissä ja demonstraatioissa Suomi oli naapurimaitaan huomattavasti jäljessä ja tämä osaltaan vauhditti uuden opetussuunnitelman sisältöä. Kaavat tulivat nyt suureksi osaksi lukion fysiikan opetusta ja se sai oppilaat tuntemaan fysiikan vaikeaksi. Oppilaita ei helpottanut myöskään koulujen havaintovälineiden vähäisyys ja taso, puhumattakaan opettajapulasta. Opettajille nimittäin asetettiin koko ajan uusia haasteita, sillä tieteellinen fysiikka kehittyi nopeaa vauhtia. Kehityksen mukana pysyminen ei ollut helppoa ja useat opettajat tyytyivätkin opettamaan fysiikantunneilla mieluummin matematiikkaa kuin fysiikkaa. Uuden opetussuunnitelman vuoksi myös opettajaksi valmistuvia koulutettiin erilaisilla pedagogisilla luennoilla.^{12, 13}

Saarnio aloitti demonstraatiivälineidensä valmistuksen 1950 –luvulla ja osasyynä oli varmasti vaatimus oppilaiden opettamisesta havaintomallien ja demonstraatioiden avulla sekä yksinkertaisesti välineiden puute. Vaikka vuoden 1941 opetussuunnitelma määräsi oppimaan oppilastöiden kautta, vasta vuonna 1964 kouluhallitus kehotti kouluja hankkimaan kymmenelle oppilasparille välineet sähköopintoihin ja seuraavana vuonna välineet valo-oppiin ja mekaniikkaan. Näiden välineiden avulla voitiin demonstroida myös lämpöopin asioita. Samalla muistutettiin, että lukiossakin tuli tehdä oppilastöitä, joita keksikouluissa tehtiin 50 % tunneista. Töiden tuli kuitenkin olla sellaisia, jotka pystyttiin tekemään nopeasti.¹² Saarnio on ottanut asiakseen toteuttaa myös tämän vaatimuksen, sillä hän puhuu useamman laitteensa kohdalla helposta ja nopeasta tavasta demonstroida oppilaille opetettavat asiat.(liite 2 ja 3)

Saarnion tuotantoa ja vuoden 1941 opetussuunnitelmaa voidaan vertailla Erätuulen tutkimuksen avulla taulukossa VIII.¹²(liite 2)

Taulukko VIII. Vuoden 1941 opetussuunnitelman ja Saarnion vuoden 1969 luettelon fysiikan aihealueiden suhteellisten osuuksien vertailu¹²(liite 2)

Aihealue	1941 Opetussuunnitelma	Saarnion vuoden 1969 luettelo
Mekaniikka	33 %	42 %
Lämpöoppi	10 %	6,2 %
Aaltoliikeoppi	5 %	8,6 %
Sähköoppi	20 %	18,5 %

Taulukosta voidaan havaita, että Saarnion tuotanto vastaa mekaniikan ja sähköopin osalta opetussuunnitelmaa. Lämpöopin vähäiseen osuuteen vaikuttaa varmasti se, että joitakin lämpöopin kokeita voidaan esittää hyvin yksinkertaisesti esimerkiksi vain lämpömittarin avulla. Aaltoliikeopin suurempi prosenttiosuus taas selittyy Saarnion mekaanisilla malleilla, joita hän on tehnyt useamman kappaleen.

Vaikka Saarnio jäi eläkkeelle vuonna 1969, ei se kuitenkaan pysäyttänyt häntä demonstraatiovälineiden valmistuksessa. Vuonna 1970 voimaan tuli uusi opetussuunnitelma, jossa ensimmäistä kertaa otettiin huomioon fysiikan historian kehitys. Uuden opetussuunnitelman mukana tulivat myös erikoiskurssit, jonne suurin osa oppilastöistä siirrettiin. Tämä osaltaan antoi lisätunteja kehittyneille fysiikan osa-alueille, kuten säteily- ja atomifysiikalle.^{1,12}

Tarkastellaan myös vuoden 1970 opetussuunnitelmaa ja Saarnion vuoden -74 luetteloa aihealueiden suhteellisten osuuksien avulla.

Taulukko IX. Vuoden 1970 opetussuunnitelman ja Saarnion vuoden 1974 luettelon suhteelliset osuudet aihealueittain

Aihealueet	1970 opetus- suunnitelma	Saarnion luettelo vuodelta 1974
Mekaniikka	25 %	40,5 %
Lämpöoppi	11 %	5,1 %
Aaltoliikeoppi	9 %	11,4 %
Sähköoppi	26 %	16,5 %

Taulukosta IX havaitaan, että Saarnion laitteista vain mekaniikka ja aaltoliikeoppi ovat jotenkin noudattaneet opetussuunnitelman muutoksia. Mekaniikan osalta vaikuttaa varmasti myös se, että luettelossa on nyt kaksi laitetta vähemmän kuin vuoden 1969 luettelossa. Edelliseen luetteloon verrattuna seitsemän laitteen valmistaminen on lopetettu ja tilalle on tullut 5 uutta laitetta. Aaltoliikeoppiin hän kehitti kaksi uutta mekaanista laitetta, joten tämän aihealueen nousu selittyy varmasti niillä. Sähköopin ja lämpöopin lasku taas selittyy tuotannon lopettamisesta. Sähköopin tuotannossa on myynissä kaksi laitetta ja lämpöopissa yksi vähemmän kuin vuoden 1969

luettelossa.(liite 2 ja 3) Vaikka Saarnion tuotanto ei eläkkeelle jäännin jälkeen noudattanut suoranaisesti opetussuunnitelmaa klassisen fysiikan osalta, hän kuitenkin kehitti tuotantaan uusien fysiikan alojen, kuten atomiopin osalta.

6.2. Oppikirjat ja tuotannon välinen yhteys

Saarnion toimiessa pedagogina, oli alussa mahdollisuus vain yhteen oppikirjaan, jonka käytössä oli aluksi ongelmia varsinkin niille, jotka opiskelivat vain suppeat kurssit. Kallion ja Kuuskosken kirjoittamaa kirja ”Fysiikka lukioluokkia varten” painettiin jo vuonna 1935 mutta kirjaan piti vuonna 1944 tehdä muutoksia, jotta se vastaisi fysiikan kehittymistä.^{1, 12, 14} Vuona 1958 markkinoille tuli Pentti Kattaisen kirjoittama ”Fysiikan oppikirja lukioluokille” sekä vuonna 1954 ”Lukion Fysiikka”, jonka pohjana on käytetty ruotsalaista kirjaa Fysik.^{1, 15, 16, 17, 18}

Kirjat kehittyivät opetussuunnitelmien sekä fysiikan kehittymisen mukana. Opetussuunnitelma vuodelta 1941 ottaa atomifysiikan enemmän huomioon, kuin vuoden 1916 opetussuunnitelma. Tämä näkyy myös kirjoissa, sillä Kallion ja Kuuskosken kirja ei huomioi yhteyksiä atomifysiikkaan kuten esimerkiksi Kattaisen kirja. Asiasisältöjen lisäksi eroavaisuuksia kirjoissa on asioiden esittämisjärjestyksissä sekä lähestymistavoissa. Esimerkiksi Kallion ja Kuuskosken kirjassa asioita lähestytään demonstraatioiden ja muiden töiden avulla, kun taas Kattaisen kirjassa kokeiden tapahtumat on jätetty kuvatekstien selityksiksi.^{1, 14, 15, 16, 17, 18}

Vertailemalla Erätuulen tutkimuksessa esitettyjä prosentiosuuksia kirjojen aihealueiden painotuksista Saarnion tuotantoon, voidaan havaita myös Saarnion yhteydet sen ajan oppikirjoihin. Johdannon osuus kirjoissa on laskettu pois taulukkoon X sillä nyt vertaillaan vain aihealueita. On myös huomattava fysiikan kehittyessä tapahtunut aihepiirien sisältömuutokset, joiden mukana ovat tulleet esimerkiksi aihealueet kvanttimekaniikka ja suhteellisuusteoria. Huomattavaa on myös se, että Saarnion puhuessa säteilyopista tarkoittaa hän kuitenkin valo-oppia, vaikka myöhemmin säteilyfysiikan tullessa koulukurssiin, voidaan selvästi erottaa Saarnion laitteista ne, jotka kuuluvat säteilyfysiikkaan. Atomifysiikan kehittyessä syntyi erillinen ydinfysiikan osuus, johon myös muutama Saarnion demonstraatiolaitteista voidaan laskea. Vertaillaan Kallion ja Kuuskosken kirjaa vuoden 1953 luetteloon, Kattaisen kirjaa

vuoden 1969 luetteloon sekä vuoden 1974 luetteloa vuonna 1971 ilmestyneeseen Fysiikka 10, 11 ja 12, jonka ovat kirjoittaneet Seppo Hyyti, Jorma Nikola ja Lauri Viljanmaa.¹(liite 1, 2 ja 3)

Taulukko X. Kirjojen ja Saarnion tuotannon vertailu. Kirjoissa aihepiirien osuudet saatu vertaamalla kokonaissivumääriin, laitteiden osuudet on saatu vertailemalla kokoluettelon tuotantoon¹(liite 1, 2 ja 3)

Aihealue	V.J Kal- lion oppi- kirja	Luet- telo 1953	P. Kattai- sen oppi- kirja	Luet- telo 1969	S. Hyyd- din oppi- kirja	Luet- telo 1974
mekaniikka	28 %	57 %	35,1 %	42 %	25,5 %	40,5 %
lämpöoppi	10,8 %	-	10,7 %	6,2 %	11,2 %	5,1 %
aaltoliikeoppi	7,5 %	7,1 %	4,1 %	8,6 %	9,2 %	11,4 %
sähköoppi	30,1 %	14,3 %	20,6 %	18,5 %	26,5 %	16,5 %
valo-oppi	21,5 %	7,1 %	18,6 %	14,8 %	9,2 %	12,7 %
atomifysiikka	2,2 %	14,3 %	6,2 %	7,4 %	8,2 %	8,9 %
säteilyfysiikka (sisältyi aiemmin valo- oppiin)			5,2 %	2,4 %	-	2,5 %
suhteellisuusteoria (sisältyi aiemmin atomifysiikkaan)					1,0 %	-
kvanttimekaniikka (sisältyi aiemmin atomifysiikkaan)					3,1 %	-
ydinfysiikka (sisältyi aiemmin atomifysiikkaan)					6,1 %	2,5 %

Taulukosta X voidaan havaita, että Saarnion tuotanto keskittyy enimmäkseen mekaniikkaan, joka on saanut myös kirjoissa suuren huomion. Saarnion laitteissa toisena ovat sähköopin laitteet, joiden osuus kirjoissa on myös suuri. On kuitenkin huomattava, että lämpöopin töitä Saarniolla oli suhteessa hyvin vähän esimerkiksi verrattuna atomifysiikan laitteisiin.

Tiedossa ei ole mitä oppikirjaa Saarnio käytti opettaessaan. Kirjojen välillä ei kuitenkaan ole suurta eroa. Ainoa ero taitaa olla sääopin puuttuminen Kattaisen kirjasta, joka sen sijaan löytyy Lukion Fysiikka kirjasta. Saarnio kuitenkin valmisti välineitä myös maantieteelliseen fysiikkaan. Joten mahdollista oli, että hän tarvitsi näitä laitteita esimerkiksi havainnollistaessaan tuulensuuntaa Lukion Fysiikka kirjan mukaan. Toinen

mahdollisuus on, että hän halusi opettaa oppilailleen sodanaikana oppimiaan taitoja meteorologiasta. Oppikirjojen kappaleet, sekä Saarnion laitteiden nimet tuntuvat paikoitellen kulkevan käsi kädessä, kuten esimerkiksi Lukion Fysiikka kirjasta löytyvät kappaleet, yhtyvät astiat, Coulombin laki, väliaineen vastus sekä Wilsonin sumukammio, ovat kaikki Saarnion valmistamien laitteiden nimiä. Arvailuksi kuitenkin jää mitä oppikirjaa hän käytti.^{15, 16, 17, 18}(liite 2 ja 3)

7. Johtopäätökset

Saarnion tuotanto koostuu suurelta osin mekaniikan välineistä, jonka opetusta tärkeimpänä piti myös vuoden 1941 opetussuunnitelma. Vaikka mekaniikka onkin suuressa osassa Saarnion laitteissa, löytyy hänen tuotannostaan myös kattava valikoima muiden fysiikan osa-alueiden demonstraatiovälineitä.

Huomattavaa on Saarnion laitteiden toimivuus teorioiden suhteen. Edellä esitetyillä laitteilla päästään hyvin lähelle kirjallisuusarvoja sekä niiden matemaattisia todistuksia. Esimerkiksi pintajännitysva'alla mitatut arvot ovat hyvin lähellä oikeanlaisia arvoja. Laitteen hyvä puoli on myös se, että konkreettisesti nähdään miten pintajännitys käyttäytyy lämpötilan muuttuessa. Toimivuuden ohella Saarnion laitteista paistaa halu opettaa oppilaille asioita myös mekaanisten mallien avulla, etteivät oppilaiden käsitykset asioista jäisi pelkästään oppikirjan varaan. Tällaisesta havainnollistamisesta hyviä esimerkkejä ovat mm. palkittu laite ydinreaktioiden havainnollistamiseksi, sekä aaltoliikelaitteet. Näillä voidaan antaa oppilaille jonkinlaisia mielikuvia tapahtumista, joiden esittäminen muuten jäisi vain taululle piirrettyjen kuvioiden varaan.

Jatkotutkimuksia mietittäessä olisi varsinkin pedagogisesti mielenkiintoista nähdä miten Saarnion havainnollistamislaitteiden käyttö vaikuttaa oppilaiden oppimiseen. Vaikuttivatko Saarnion sadat keksinnöt siihen, että hänen oppilaistaan suurin osa on valinnut jatko-opiskelu paikan eri fysiikan osa-alueilta. Vai vaikuttiko oppilaiden valintaan heidän omat kiinnostuksensa kohteet vai kenties opettajan oma innostus asiaan.

On harmillista, etteivät Saarnion laitteet enää ole opettajien käytössä. Koulut, joissa Saarnion laitteita vielä löytyy, ovat kokeneet mahdollisesti jo useammankin opettajapolven vaihtumisen, jonka seurauksena vanhoja laitteita ei osata edes käyttää. Toivottavasti tämän lukeneille, varsinkin nuorille opettajille, aukeaa mielenkiinto ja osaaminen koulun vanhoja laitteita kohtaan. Oppilaat varmasti kiinnostuisivat nähdessään esimerkiksi levysoittimen, jonka avulla määritetään putoamiskiihtyvyyttä.

Kiitokset

Ilman seuraavia henkilöitä tämän tutkielman tekeminen olisi ollut hyvin vaikeaa, jopa mahdotonta.

Kiitos Jukka O. Mattilalle kaikesta avusta, niin materiaalin etsinnässä, kuin sen kuvaamisessakin sekä tietenkin aiheen valinnassa.

Kiitos Aarre Saarnion lapsille, että sain taustatietoja isästänne.

Kiitokset myös laitteiden kuvaamisesta ja lainaamisesta Pernon lukiolle, Forssan yhteiskoululle, Turun Normaalikoululle, Elisenvaaran lukiolle sekä erityisesti Kari Lehtiselle, että Harry ja Helena Höijärvälle.

Suuri kiitos kuuluu myös ohjaajalleni Jaani Tuuralle, loistavasta ohjauksesta.

Esitettäköön tämän tutkielman päätteeksi Saarnion viimeisessä kirjeessään Tauno Nurmelalle kirjoitettu runo Elämäni tilinpäätös.²



Elämäni tilinpäätös

*Debet-kredit. Minne vie
Tilinpäätös epävakaa?
"Leveä vai kaita tie?"
tiukkaa Petrus portin takaa.*

*"Tiekö? Polku vain, näin vastaan,
"Mutkaa, kuoppaa ainoastaan,
Niihin jalka kompastui,
uijuijui!"*

*Petrus: "uikutus ei auta!
Vaikka mylvisit kuin nauta,
kiinni pysyy portin rauta!*

★

*Kaukaa kuuluu ääni: "MALTA!
PÄÄSTÄ POIKA PORTIN ALTA."*

Kirjallisuusviitteet

- ¹ Lukion fysiikka opetussuunnitelman kehittyminen Suomessa vuosina 1916-1979, Matti Erätuuli, Helsingin yliopiston kasvatustieteen laitos, toukokuu 1980, ISBN: 951-45-2012-2
- ² Unto ja Aarre ja Petteri, Suomen kuvalehti, no51-52, 22.12.1981
- ³ Forssalaiskeksijä loi sata opetusvälinettä, Forssan lehti, 8.1.2006
- ⁴ Lehtori ja Kultamies, Aamulehti, 20.1.1957
- ⁵ Matemaattisten aineiden aikakauskirja, 1981, s.436-437
- ⁶ University Physics with modern physics, Young & Freedman, 10th edition, 2000, ISBN: 0-201-60336-5
- ⁷ Handbook of Chemistry and Physics 55th edition, editor Robert C. Weast Ph.P, 1974
- ⁸ The effect of temperature on surface tension, S.J. Plamer, Physics Education, March 1976
- ⁹ Matemaattisten aineiden aikakauskirja, 1952, s.45-47
- ¹⁰ The thermodynamics of the drinking bird toy, Lily M Ng & Yvonne S Ng, Physics education, 1993
- ¹¹ A Big Sunbird, J. Güémez, R. Valiente, C. Fiolhais, M. Fiolhais, The Physics Teacher, vol. 42. May 2004
- ¹² MAOL 1935-1995 kuusi vuosikymmentä matemaattisten aineiden asialla, Olavi Junnila, 1995, ISBN: 952-9656-11-4
- ¹³ Fysiikan ja Kemian didaktiikka, Veijo Meisalo & Matti Erätuuli, 1985, ISBN: 951-1-08008-3
- ¹⁴ Fysiikka lukioluokkia varten, Kallio & Kuuskoski, WSOY, 1949
- ¹⁵ Lukion fysiikka edellinen osa, Nurmi, Ahlman, Fedosow, Högländer, Qvickström, kolmas painos, WSOY, 959
- ¹⁶ Lukion fysiikka jälkimmäinen osa, Nurmi, Ahlman, Fedosow, Högländer, Qvickström, toinen painos, WSOY, 1958
- ¹⁷ Fysiikan oppikirja lukioluokille I, Pentti Kattainen, viides painos, Otava, 1964
- ¹⁸ Fysiikan oppikirja lukioluokille II, Pentti Kattainen, neljäs painos, Otava, 1964
- ¹⁹ MAOL- taulukot, 1996, ISBN: 951-1-12112-X

Liitteet

Liite 1. Laiteluettelo vuodelta 1957

ARVOISA KOLLEGA.

Pyydän kohteliaimmin tutustumaan oheisiin selostuksiin suunnittelemistani ja valmistamistani fysiikan opetusvälineistä, joista useita olen esittänyt suurissa kansainvälisissä uusien keksintöjen näyttelyissä. Näitä opetusvälineitä voitilata suoraan minulta. Toimitusaika on ollut noin 1-3 viikkoa. Olkaa hyvä ja merkitkää mahdolliseen tilaukseenne opetusvälineen nimi ja hinta.

Kunnioittaen

Aarre Saarnio

Leht. Forssa, puh. 11 222.

Fysiikan opetusvälineitä.

1. Laite voimien riippumattoman vaikutuksen lain esittämiseksi

Palkittu hopeamitalilla Pariisissa 1954 ja Brysselissä v. 1955 kansainvälisissä uusien keksintöjen näyttelyissä. Patentoitu.

Laiteseen kuuluva nuoli on kiinnitetty kahdella kumilangalla alustalevyn poikkipuun päihin. Keskimäinen lanka yhdistää nuolen salpaan, joka pitää paikoillaan nuolen tähtäyspisteeseen asetettua maalitaulua. Maalitaulu on poikkipuun ja teräsjousten välissä. Kun vedetään nuolen pyrstölangasta, kiristyy salpalanka ja aukaisee lukon, mutta maalitaulu pysyy edelleen paikoillaan salpalangan kiristymisen varassa. Nuoli päästetään lentoon hellittäen varovaisesti pyrstölangasta ja varoen virheliikkeitä. Samalla hetkellä kun nuoli irtoaa kädestä, irtoaa myös maalitaulu pitimestään. Nuoli sattuu putoavaan maalitauluun naulaten sen taustalevyyn. Tämä erittäin hauska koe osoittaa, että nuolikin, huolimatta kumilankojen aiheuttamasti liikkeestä, putoaa ”vapaasti”. Koska nuolen kaltvuuskulma saa olla mielivaltainen, johdutaan tästä kokeesta luontevasti vinon heittoliikkeen komponenttitulkintaan.

Myöskin mekaaninen laukaisu voidaan järjestää siten, että solmitaan nuolen pyrstölankaan jatkorihma, joka kiinnitetään pöytään tai johonkin muuhun sopivaan paikkaan. Kun laite on viritetty laukaisuvalmiiksi, poltetaan tulitikulla jatkorihma poikki.

2. Kalteva taso tasaisesti kiihtyvän liikkeen tutkimiseksi.

Palkittu yhdessä n.ro 4 kanssa Pariisissa 1956 keksintöjen näyttelyissä kultamitalilla sekä ranskan opetusministeriön myöntämällä Vermeil-mitalilla.

Kalteva taso on n. 1m:n pituinen. Siinä on kouru, johon on upotettu teräsmittanauha metallipallon vierimisalustaksi. Matkojen mittaus on siis nopeaa ja tarkkaa. Ajan mittaaminen perustuu vaihtovirran jaksolukuun, joten siis

pallon vierimismatkoihin kuluvat ajat saadaan 1/100s:n tarkkuudella. Kokeen suoritus: Kosketin K kytketään valoverkkoon. Kun nykäistään pois katkaisijana toimiva selluloidi levy A, alkaa pallo vieriä ja vaihtovirran sykintä leviää vieterin B ja portin C kautta sinkkilevyyn C. Kokeen aikana vedetään sormella pitkin sinkkilevyn pintaa, johon enne koetta on sivelty ohut perunajauhokerros. Sykinnän aikana sormi jättää levyille erittäin selvän tihennysten ja harventumien aaltoviivan. Niitten summa osoittaa montako 1/100s matkaan on kulunut. Porttia siirtämällä voidaan matkoja muuttaa. Tehdään pari koetta ja todetaan, että matkat ovat suoraan verrannollisia aikojen neliöihin.

Vapaan putoamisliikkeen kiihtyvyys voidaan määrätä tällä laitteella. Laite asetetaan pystyasentoon, jolloin kuula joutuu vapaaseen putoamisliikkeeseen. Matkasta ja ajasta lasketaan g:n arvo.

3. Tasapainolaite

Hopeamitali Pariisissa 1955.

Pallonivelillä varustetun tangon molemmissa päissä on yhtä raskaat puulevyt siten että nivelpallot sattuvat niiden painopisteisiin. Puulevyjen asennosta riippumatta laitteen painopiste pysyy sen keskipisteessä. Siitä riippuu ketju. Laite asetetaan pöydälle siten, että toinen levyistä muodostaa tukipinnan. Muuttamalla tangon kaltevuutta nähdään, että laite pysyy tasapainossa vain, jos ketju tai sen jatke kohtaa tukipinnan.

4. Laite, joka osoittaa, että kappaleen painopiste on riippumaton kappaleen sisäisistä voimista

Levy A liukuu levyllä B kumilangan (tai vieterin) vetämänä, kun salpa D on nykäisty pois. Laite on asetettu rullille, joten samalla koko systeemi joutuu liikkeeseen. *Sen painopiste jatkaa lepotilaansa.* Tämä todetaan seuraavasti: Liuku- ja

aluslevyllä on muovista tehty liuskat E ja F siten, että ne nojaavat toisiinsa. Niissä on ristikkäin kulkevat valoisat raot. Näitten rakojen muodostama valoisa leikkaussuunnikas näyttää laitteen painopisteen paikan. Tämä todetaan asettamalla laite asettamalla laite tasapainoasentoon tukilevyllä G. Muovilevy H on kiinteänä koordinaatistona kokeessa. Se asetetaan siten, että sen valoisa rako muodostaa "painopistesuunnikkaan" kanssa huutomerkkin. Laite siis viritetään ja asetetaan rullille ikkunalaudalle tai luokan pöydälle siten, että sen takaosa on valaistu, jotta koko luokka näkisi huutomerkkin. Salpa nykäistään pois, systeemi liikkuu, mutta *huutomerkki pysyy ehjänä*. Painopiste pysyi siis levossa.

(A on henkilö, joka liikkuu veneessä B, jne.)

5. Laite tasaisen liikkeen tutkimiseksi, ratatangentin piirtämiseksi ja sentripetaalivoiman määrittämiseksi

Palkittu hopeamitalilla Brysselissä v. 1955.

Laitteen perusrungon muodostaa noin 1 m:n korkuinen teline, johon on pingoitettu pystysuora kierrejousi. Jousen kierteille asetetaan laitteita, jotka koukun varassa liukuessaan joutuvat kiertoliikkeeseen.

Tasainen liike. Kierteille ripustetaan sauva, jonka toisessa päässä on värikäs pallo. Pian pallo joutuu tasaiseen kiertoliikkeeseen. Mitataan kahteen eri kierroslukuun kuluvat ajat ja todetaan että matkat ja ajat ovat suoraan verrannolliset. Koska liike kestää pitkän ajan, voi mittaukset suorittaa kaikessa rauhassa. Koe antaa aihetta mielenkiintoisiin laskutehtäviin sekä tutustuttaa oppilaat sellaisiin käsitteisiin kuin kiertoaika, kulmanopeus jne.

Ratatangentti. Jousen kierteelle ripustetaan sauva, jonka päässä on lycopodiumjauheella päällystetty, pitimestään helposti irtautuva teräskuula. Telineen pohjalle on asetettu musta levy, johon on piirretty kuulan projektiympyrä. Kun sauva on kiertänyt tarpeeksi lähelle levyä, pysähdytään levyssä oleva puikko liikkeen. Teräspallo irtoaa pitimestään ja piirtää vierieensä pitkin levyä ratatangentin projektiympyrälle.

Sentripetaalivoiman määrittäminen graafisesti ja laskennallisesti

Tämä laitteemme tärkein koe suoritetaan sauvalla, jonka päässä oleviin lankoihin ripustetaan 50 gf painot. Toinen näistä heilureista nojaa metallikaiteeseen, joka ennen koetta on päällystettävä lycopodiumjauheella. Kun sauva on kiertänyt likelle vieterin keskipaikkeille asetettua putkea, mitataan esim. 10 kierrokseen kuluva aika. Siitä kiertoaika T. Kaiteeseen nojannut heiluri on ulospäin kääntyessään pyyhkinyt jauhetta pois ja siten merkinnyt "muistiin" heilurin asennon. Sauva pysähtyy itsestään putken päähän. Sauva nostetaan pois telineeltä ja sen avulla rekonstruoidaan tilanne luokan taululle. Täydennetään kuvio voimain suunnikkaaksi ja mitataan sentripetaalivoima F_1 .

Sitten sijoitetaan kuviosta mitatut tarpeelliset suureet sentripetaalivoiman kaavaan ja lasketaan F_2 . Todetaan, että $F_1 = F_2$.

Tämän kokeen avulla oppilaat tutustuvat sentripetaalivoiman kaavaan kokeellisesti, eikä vain teoreettisesti, kuten yleensä lienee tapa. Voimainsuunnikas tekee heilahdusliikkeen heilahdusajan kaavan johtamisen helpoksi.

6. Laite, joka näyttää miten maan kiertoliike vaikuttaa tuulen suuntaan

Laitteen pohjan muodostaa ympyränmuotoinen musta levy, joka pannaan kiertoliikkeeseen kierrinkojeen avulla. Levy vastaa litistettyä maapalloa. Lähellä sen keskipistettä (napaa) ja reunaa (päiväntasaaja) on metallilevystä tehdyt pienet mäet, joille asetetaan lyc.jauheella päällystetyt teräskuulat. Keskipakoisvoimapanee pallon liikkeelle ja vierieensä pitkin levyä se piirtää käyrän. Siitä nähdään, että tuulet kääntyvät pohjoisella pallonpuoliskolla oikealle (koillispasaati), ja etelässä vasemmalle (kaakkoispasaati). Mäet vastaavat korkeapainekeskuksia. Antisyklonin tuulipyörre selittyy helposti. Koska tuuli saapuu matalan keskukseen sen oikealta puolelta ja ikäänkuin "putoaa kuoppaan", voi tästä helposti johtaa tuulen suunnan syklonin tuulipyörteessä.

Paitsi sitä, että laite hauskaasti havainnollistaa tuulen suuntaan liittyviä seikkoja, se panee ajattelemaan liikkeen suhteellisuutta. Pallon liike on käyräviivainen levyn suhteen, mutta suoraviivainen luokan suhteen.

7. Yhtyvät astiat nesteiden ominaispainon määrittämiseksi

Laitteeseen kuuluu läpinäkyvä muoviputki, joka kiinnitetään mm-asteikolla varustettuun tukialustaan. Kuviosta ilmenee kokeen järjestely. Toisessa astiassa on vettä, toisessa nestettä, jonka ominaispaino on määrättävä. Laitteeseen kuuluu lisäksi ohuella kumiletkulla varustettu kumipallo. Letku pujotetaan muoviputkeen ja palloa puristamalla saatetaan nestepatsaat nousemaan sopivan korkuiseksi. Sen jälkeen vedetään imupallon letku pois putkesta ja suoritetaan tarpeelliset mittaukset ja laskut. Laite on myös erittäin sopiva oppilastöihin.

8. Laite Boyle-Mariotten lain esittämiseksi

B-M:n laki. Kokeiluvälineenä on n. 80 cm pituinen umpinainen lasiputki, jonka toisessa päässä on elohopeaa ja toisessa harvennettua ilmaa. (Putkeen kuuluu suojakoielo.) Kun putki nostetaan pystyyn siten, että elohopeapatsas jää yläpuolelle, painuu elohopea alaspäin ja puristaa ilmapatsasta. Elohopean yläpuolelle jää tyhjiö. Kallistamalla putkea huomataan, että ilmapatsaan yläraja (siis Hg:n alaraja) pysyy samalla vaakasuoralla tasolla. Koe suoritetaan parhaiten luokan valoisa ikkunaa vasten, johon laitteeseen kuuluvilla imukupeilla ja kumilangalla

pingoitetaan kysymyksessä oleva vaakasuora. Piirretään taululle kuvio ja johdetaan yhdenmuotoisista kolmioista B-M:n laki. Ennen koetta on katsottava, että elohopeapatsas on yhtenäinen. Jos siinä on katkoja, saadaan ne pois varovaisesti koputtelemalla, tai sivelemällä putkea spriihin kostutetulla kangaspalalla.

Laitteen suurin etu on siinä, että ulkoilman paine on eliminoitu. Koe on nopea ja selvä.

G-L:n laki. Putken ilmaosa upotetaan ensin 0-asteiseen, sitten t-asteiseen veteen. Pienillä nipistimillä merkitään ilmapatsaan ylärajat. Suoritetaan mittaukset ja lasketaan kaasujen tilavuuslaajenemiskerroin.

Kaasujen olotilayhtälön johtamisen voi kytkeä näihin kokeisiin, jolloin tämä oppilaille vaikea asia helpottuu huomattavasti. (Kuvio)

9. Liekkimanometri ja pyörivä peilikuutio

Tämä äänen aaltoliikeluonnetta todistava mainio koe on kaikille fys. opettajille tuttu, joten sen selostaminen tässä yhteydessä on tarpeetonta. (Ellei koulussa ole kaasua, on syytä harkita nestekaasun hankkimista.)

10. Laitteet valon polarisaation esittämiseksi

Polarisaattorina on tavanmukainen musta peili, mutta analysaattorina on valkoiselle levyllä kiinnitetty peilipyramidi. Jos esim. rainaheittimellä suunnataan suora valosuihku pyramidiin, syntyy aluslevylle heijastuskuvio. Kun valosuihku tulee polarisaattorin kautta, heijastuskuvio katoaa määrättyissä asennoissa. Sekä polarisaattori että analysaattori ovat tukitelineillä, joten niiden asettaminen koetta varten käy helposti. Ilmiön selittämistä varten kuuluu laitteisiin lisäksi metallilangasta taivutettu aaltoviiva. Tämä mitä hienoin koe poistaa sen haitan, joka tavallisilla polarisaatiopeileillä on ilmeinen. Valotäplä ei joudu kiertämään luokan usein eri etäisyyksillä oleville pinnoille, vaan koko ilmiö keskittyy samalle pienelle alalle, jonka koko luokka näkee.

11. Sähkötuulipallo, influenssikoneen lisälaite

Laitteen muodostaa pystysuoran akselin ympäri pyörivä värikäs selluloidipallo, jonka pintaan on vinosti suunnattu kaksi teräväkärkistä metallipuikkoa. Ne kytketään influenssikoneen napoihin. Kärkien ionisoitunut ilmahiukkaset syöksyvät vinosti pallon pintaan ja panevat pallon pyörimään.

12. Lisävälineistö rainaheittimeen

Tähän monipuoliseen välineistöön kuuluu lasilevyjä, muovilasilevyjä, erinäisillä laitteilla varustettuja kumiletkun kappaleita, kumilenkkejä jne., joitten avulla voi helposti koota rainaheittimiin sopivia läpivalaisuastioita. Ne ovat noin 1 cm paksuisia, joten ennen tilausta on parasta varmistaa, että ne mahtuvat koulun rainaheittimen kuvarakoon. (Ne on valmistettu

Aldisheitintä mallina pitäen). Näillä laitteilla voi esittää seuraavat kokeet:

Kapillaari-ilmiö: Näytetään veden nouseminen ja elohopean laskeminen ohuissa putkissa.

Pintajännitys: Veden ja spriin seokseen tipautetaan pipetillä pisara öljyä. Luokan seinällä se näkyy suurena pallona. Reunakulmat.

Diffuusio: Veteen tipautetaan pisara mustetta ja tarkastellaan sen leviämistä.

Yhtyvät astiat: Todetaan nestepintojen sama korkeus samassa nesteessä.

Johdatus kineettiseen lämpöteoriaan: Käytetään vastuslangalla varustettua läpivalaisuastiaa ja suoritetaan vastaava koe kun diffuusiosta. Kytketään vastuslanka esim. taskulampun patteriin ja todetaan, että nesteen lämpeneminen edistää sekoittumista.

Veden hajoittaminen sähkövirralla: Kootaan hiilielektrodeilla varustettu läpivalaisuastia, johon pannaan vettä ja pisara rikkihappoa. Kytketään elektrodit esim. taskulampun patteriin ja todetaan kaasunkehitys anodissa ja katodissa.

Lyijypuu: Läpivalaisuastia varustetaan lyijyelektrodeilla ja elektrolyytiksi kaadetaan laimeata lyijyasetaattiliuosta. Nähdään lyijypuun kasvaminen katodiin.

Etenevä poikittainen aaltoliike: välineistöön kuuluu pieni kierrettävällä vieterillä varustettu kehys, jonka avulla voidaan esittää etenevä poikittainen aaltoliike

Magneettiset kentät: Kaksinkertaisella selluloidiikkunalla varustettuun kehukseen kiinnitetään kumilenkeillä pari voimakasta magneettia. (Magneetit eivät kuulu välineistöön.) "Ikkunoitten" välissä olevista rautapaukoista nähdään magneettisten voimaviivojen muodostuminen.

Kartiroleikkaukset: Rainakoneeseen laitetaan kapealla raolla varustettu levy. Näin saadulla valotasolla I leikataan pyörähdyskartiota eri asennoissa ja nähdään kaikki kartiroleikkaukset mitä hienoimpina valokäyrinä.

Kaikki välineet ovat niitä varten tehdyssä puulaatikossa, jonka kanteen on piirretty edellä mainituista kokeista kuvalliset viitteet.

13. Atomimallisarja

Sarjaan kuuluvat Bohrin atomimallit H-, He- ja Li-atomeista. Niitten tarkoitus on tehdä havainnolliseksi atomin rakenne protoneineen, neutroneineen ja elektroneineen. H-atomiin voi liittää pari irrallista neutronia isotooppikäsitteen selventämiseksi. Lisäksi on pari irrallista elektronia, joita voidaan ripustaa elektronikehiin ionikäsitteen luomiseksi. Atomimallit ovat suureksi avuksi, kun opetetaan elektrolyyttistä dissosiaatiota, alkuaineiden luonnollista järjestelmää, radioaktiivisuutta, ydinreaktioita ym.

14. Taivaanpallo

Taivaanpallon malli on pystysuoran akselin (taivaan akselin) ympäri pyörivä, alumiiniympyröistä valmistettu pallomainen laite, jonka sisällä on käännettävä horisonttitaso. Aurinkona on pallo, jota voi siirtää ekliptikaympyrän eri kohtiin. Mallilla voi havainnollistaa päivän ja yön pituusvaihtelut, auringon nousun ja laskun horisontin eri kohdissa, vuodenaikojen vaihtelut, seisaus- ja tasauspisteet ym.

15. Noniusasteikko

Laite on n. 80 cm pituinen liukuvalla osalla varustettu työntötulkki. Liukulevyä siirtämällä voi koko luokan harjaannuttaa noniusasteikon käyttöön.

16. Geometrinen opetusvälineistö

Tällä monipuolisella välineistöllä voidaan havainnollistaa monikulmioitten pinta-ala- ja kappalten tilavuusmuunnoksia, esittää eräitä avaruusgeometrian teoreemoja ym. Lähempi selostus pyydettyäessä.

17. Sekstantti

Sekstantti on varustettu kahdella hiotulla peilillä, jotka on kiinnitetty kovalevyalustaan. Siinä on asteikko, tähtäysputki ja kääntövipu. Laite soveltuu erinomaisesti kulmamittauksiin maastossa tarjoten mahdollisuuden ja trigonometrian opetuksen yhteydessä.

18. Vipu

Herkästi liikkuva ympyrälevy. Liuskat, joiden keskimäinen viiva näyttää voimien suunnan. Käännettävä asteikko voimien varsien mittaamiseen. Tehdään useita kuormituksia ja todetaan momenttilaki.

19. Väline ydinreaktioitten havainnollistamiseksi

Hopeamitali Brysselissä 1961.

Laitteessa on sauva, jonka keskellä on läpinäkyvästä muovista tehty reijillä varustettu levy. Reikiin on kiinnitetty erivärisiä helmiä (protonit ja neutronit) N-ytimiksi. Tangon päihin kiinnitetyllä kumilangalla laukaistaan alfahiukkanen typpiyttimeen. Alfahiukkanen uppoaa ytimeen ja heittää yhden protonin syrjään. Voidaan siis havainnollistaa seuraava ydinreaktio:
 $7N14 + 2He4 \rightarrow 8O17 + 1H1$

20. Laite Coulombin lain toteamiseksi

Kultamitali Pariisissa v. 1958.

Laitteessa on kaksi voimakasta tankomagneettia A ja B, jotka sopivat liukumaan muoviputkessa. Kun magneettien samannimiset kohtiot ovat vastakkain, "kelluu" magneetti B magneettisessa kentässä. Kohtioitten välinen poistovoima on siis = B:n paino. Asteikosta mitataan kohtioitten väli. Tämän jälkeen asetetaan B:n päälle lisäpaino C, joka painaa yhtä paljon kuin B. Poistovoima tulee siis kaksinkertaiseksi. Mitataan pienentynyt kohtioväli ja todetaan Coulombin laki mittaamalla ensin kohtiovälit ja todetaan Coulombin laki esim.

seuraavasti: $\frac{17,9\text{mm}}{12,6\text{mm}} = 1,42$ $\sqrt{\frac{2B}{B}} = 1,41$

Kohtiovälit ovat siis kääntäen verrannolliset voimien neliöjuuriin eli voimat ovat kääntäen verrannolliset kohtioitten välisten etäisyyksienneliöihin.

Kuvittelemalla useita putkia rinnakkain magneetteineen, todetaan helposti, että magneettien välinen poistovoima on suoraan verrannollinen kohtiovoimakkuuteen.

Liite 2. Laiteluettelo vuodelta 1969

ARVOISA KOLLEGA.

Pyydän kohteliaimmin tutustumaan oheisiin selostuksiin suunnittelemistani ja valmistamistani fysiikan opetusvälineistä, joista useita on palkittu suurissa kansainvälisissä uusien keksintöjen näyttelyissä. Näitä opetusvälineitä pyydän tilaamaan suoraan minulta. Toimitusaika on ollut noin 1-3 viikkoa. Olkaa hyvä ja merkitkää mahdolliseen tilaukseenne opetusvälineen nimi ja hinta.

Kunnioittaen

Aarre Saarnio

lehtori, Forssa, puh. 11 222.

MEKANIikka

1. Laite voimien riippumattoman vaikutuksen lain esittämiseksi

Palkittu hopeamitalilla Pariisissa 1954 ja Brysselissä v. 1955 kansainvälisissä uusien keksintöjen näyttelyissä. Patentoitu.

Laite on eräänlainen "nuolipyssy". Siinä on pöytään kiinnitettävä pystylevy, jonka yläosassa on sähkömagneetti ja uloke. Ulokkeeseen on kiinnitetty kumilanka, jonka päässä on nuoli. Laitteen takaosasta ulottuu sähköjohto n. 3 m:n päähän ja se päättyy nipistimeen, joka toimii virran katkaisijana. Virtalähteenä on litteä taskulampun patteri. Koe: Nuolen metallinen pyrstölanka pannaan nipistimenleukojen väliin. Silloin virta sulkeutuu ja sähkömagneetti muuttuu magneettiseksi. Maalitaulu, jonka keskellä on ohut rautaosa, kiinnitetään sähkömagneettiin. Nyt vedetään nipistimestä kunnes kumilanka venyy n. kaksinkertaiseksi. Kun nipistin avataan lähtee nuoli lentoon ja samalla hetkellä maalitaulu irtoaa. Nuoli tavoittaa putoavan maalitaulun naulatan sen alustalevyille. Tämä erinomaisen hauska koe osoittaa, että nuolikin, huolimatta kumilangan aiheuttamasta liikkeestä, putoaa "vapaasti". Koska nuolen kaltevuuskulma saa olla mielivaltainen, päästään tästä kokeesta luontevasti vinon heittoliikkeen komponenttitalkintaan. Tästä laitteesta on hylätty entinen mekaaninen laukaisusysteemi ja osumatarkkuus on saatu hyvin varmaksi. Lisäksi laite on yksinkertaistunut.

2. Ilmatyynyllä toimiva suora liukurata lisälaitteineen

Liukuratana on kulmaputki, jonka yläsärmän kahden puolen on porattu tiheät reikärivit. Putki kytketään tavallisen pölynimurin puhallusaukkoon. Putken toinen pää on suljettu tulpalla, joten ilma viitaa reikien läpi. Putkelle asetetaan kappaleita, jotka liukuvat erittäin herkästi niitten alle jäävän ilmatyynyn kannattamina. Liikettä vastustavat voimat ovat siis erittäin vähäiset ja sen takia

laitteen käyttö on hyvin monipuolinen ja tulostarkkuus hyvä.

1. *Tasainen liike.* Perustanko asetetaan Vaakasuuraksi toteamalla, että sen päälle pantu liukuja pysyy paikallaan. Erotetaan kolmella merkillä kaksi peräkkäistä matkaa. Liukuja sysätään liikkeelle ja mitataan matkoihin kuluvat ajat kahdella kellolla. Todetaan, että matkat ja ajat ovat suoraan verrannolliset.

2. *Tasaisesti kiihtyvä liike.* Annetaan liukuradalle pieni kaltevuus, jolloin liukuja joutuu hitaaseen liikkeeseen. Mitataan radan alemmasta puskurista kaksi matkaa ja liukujan niihin kuluttamat ajat. Todetaan, että matkat suhtautuvat kuten aikojen neliöt. Siitä kaavat. Koe voidaan tehdä myös siten, että vaakasuoran liukuradan tulppaan kiinnitetään väkipyörä. Liukujaan sidottu lanka pannaan väkipyörän yli ja kuormitetaan pienellä rengaspainolla. Liike todetaan tasaisesti kiihtyväksi kuten edellä. Liikkeen nopeutta voidaan tutkia siten, että painon vaikutus poistetaan halutulta korkeudelta antamalla sen pudota jollekin levyille, jolloin liukujan liike jatkuu tasaisena.

3. *Jatkuvuuden laki.* Pitemmän liukujan harjakouruun asetetaan teräskuula ja tarkastellaan sen käyttäytymistä kun liukuja pannaan liikkeeseen tai liike pysäytetään.

4. *Reaktiolaki.* Kaksi liukujaa, joilla on yhtäsuuret massat asetetaan keskelle liukurataa. Toinen liukuja varustetaan jousipuskurilla. Liukujat painetaan toisiaan vasten siten, että niitten välissä oleva jousi puristuu kokoon. Tämä tila lukitaan siten, että teippiliuska painetaan liukujien putkien pintaan. Odotetaan kunnes puristus irroittaa teipin. Silloin molemmat liukujat potkaisevat toisensa liikkeelle. Voimien yhtäsuuruus voidaan todeta siitä, että liukujat kohtaavat yhtäaikaan radan päätepuskurit. Radan täytyy tietysti olla vaakasuorassa.

5. $F = ma$. Vaakasuooraan liukuradan tulppaan kiinnitetään väkipyörä. Liukujan keskelle kiinnitetään nipistimellä varustettu puikko, johon asetetaan rengaspainoja. Liukujasta väkipyörän yli kulkeva lanka kuormitetaan yhdellä renkaalla. Systeemin massa pidetään vakiona muuttamalla voimaa siten, että liukujan päältä siirretään renkai-

liikettä antavaksi voimaksi. Valitaan radalta matka, joka pidetään samana näissä eri koevaiheissa. Mitataan tähän matkaan kuluvat ajat, lasketaan kiihtyvyydet ja todetaan, että voimat ja kiihtyvyydet ovat suoraan verrannolliset. Sitten pidetään voima vakiona (yksi rengas). Mitataan yhden liukujan aika, sitten pannaan liukujan eteen toinen, jolloin massa muuttuu esim. kaksinkertaiseksi. Todetaan mittauksilla ja laskuilla, että kiihtyvyydet ja massat ovat kääntäenverrannolliset. Kootaan tulokset kaavaksi.

6. *Kimmoisen lyönti.* Liukujen päihin painetaan jousipuskurit ja annetaan niiden törmätä toisiaan vasten. Olkoot liukujen massat ensin yhtä suuret. Todetaan, että liikkuva liukuja antaa työnnissä lepotilassa olevalle liukujalle koko liikemääränsä pysähtyen itse. Toinen saa edellisen nopeuden. Sitten kevyemmän liukujan lyönti raskaampaan ja toteamus, että liukujat liikkuvat työnnin jälkeen vastakkaisiin suuntiin. Sitten raskaamman lyönti kevyempään ja havainnot.

Kimmoton työnti. Kahdelle liukujalle laitetaan muovailuvahasta esim. spiraalin muotoiset puskurit. Työnnissä ne painuvat kokoon ja molemmat liukujat kulkevat samaan suuntaan. Jos tilanne on sama kuin kimmoisen työnnin ensimmäisessä kokeessa, todetaan, että työnnin jälkeen on nopeus puolet puskijan nopeudesta. Näissä kokeissa on vaikea suorittaa tarkkoja ajanmittauksia, mutta nämä havainnot auttavat oppilaita ratkaisevasti, kun johdetaan lyönnin kaavat.

7. *Liikemäärän säilymisen laki.* Tämä kaava todetaan jo kokeessa 4 yhtä suurilla massoilla. Tehdään vastaava koe massoilla 1 ja 2. Teipillä lukittu systeemi asetetaan niin, että massan 1 matka päätepuskurille on kaksi kertaa massan 2 matka. Jotta lukittu systeemi ei liikkuisi laitetaan radalle massojen valikoiltaan joku este.

8. *Painopisteen riippumattomuus kappaleen sisäisistä voimista.* Keskelle liukujaa painetaan poikittainen kynnyksen ja sen varaan asetetaan kaksoisheiluri. Heilurin varressa oleva loistevärillä päällystetty levy asetetaan osoittamaan systeemin painopistettä. Ennen koetta valaistaan levyä voimakkaasti, jotta se näkyisi selvästi pimeässä luokassa. Nyt pannaan liukuja heilureineen "loikkimaan" pitkin rataa. Valot sammutetaan ja todetaan, että painopiste ei loiki, vaan etenee tasaisesti tai kiihtyvästi riippuen radan asennosta. Koe on erinomaisen hieno.

9. *Pot.energian muuttuminen liike-energiaksi.* Liukurata vaakasuoraksi. Lyhyempään liukujaan kiinnitetään rihma. Se viedään väkipyörän yli ja sen päähän pannaan paino p (esim. 10 g). Kun liukuja koskettaa alkupuskuria, olkoon painon etäisyys lattiasta h (20-30 cm). Systeemin pot.energia on siis $p \cdot h$ pondia x cm. Kun nyt liukuja päästetään liikkeelle, voima p kuljettaa sitä matkan h , jonka jälkeen se jatkaa liikettään tasaisella nopeudella v , joka mitataan Liikkuva systeemi punnitaan. Sen paino (liukujan ja

kuljettajanyhteispaino) olkoon $= k$. Siis systeemin massa $m = k/g$.

$$W_1 = p \cdot h \text{ ja } W_2 = 1/2 m v^2. \text{ Todetaan } W_1 = W_2$$

10. *Reaktioliukuja.* Putken päähän on painettu reiällinen kumitulppa, jonka yli vedetään pieni vappupallo. Kumipumpulla painetaan palloon ilmaa. Sitä ennen se on laitettu liukujalle, joka on valmiina radalla. Kun pumpun letku irroitetaan "Sputnikista", joutuu liukuja tasaisesti kiihtyvään liikkeeseen.

11. *Ilman vastus ja kappaleen muoto.* Lyhyemmän liukujan keskelle painetaan puikko, jonka varaan voidaan pistää erimuotoisia kappaleita. Herkällä jousivaa'alla työnnetään kappale n 5-8 cm:n päähän toisen pölynimurin (tai tukankuivaajan) suusta ja katsotaan ilman vastuksen suuruus. Ellei halua tehdä mittaavaa koetta, saa kappaleitten "paremmuusjärjestyksen" selville siten, että pannaan kappaleet liukumaan pientä alamäkeä puhaltajan suuta kohti jamerkitään kohdat, joissa ilman vastus pysähdyttää ne.

12. *Harmooninen värähdysliike.* Lyhyemmän liukujan keskelle kiinnitetään pienellä renkaalla varustettu nipistin, jonka läpi pannaan n . 3 dm:n pituinen teräslanka. Langan toinen pää kiinnitetään statiivilla tai jollakin muulla tavalla liikkumattomaksi. Teräslangan täytyy päästä vapaasti liukumaan silmukassa. Mitataan esim. 10 heilahduksen aika. Sitten lisätään massaa liittämällä lisäliukuja teipin avulla systeemiin. Todetaan, että *heilahdusajat ovat suoraan verrannolliset massojen neliöjuuriin.*

13. *Ilmanpaineen ja sen osien dynaamisen ja staattisen paineen vaikutus.* Bernoullin lain sovellutus. Liukujaan kiinnitetään kevyt aluminisiiiveke siten, että sen rako painetaan liukujan "kaulaan". Ilmasuihkut "pyyhkivät" siivekkeen kuperia pintoja jakaen ilmanpaineen mainittuihin komponentteihin. Siivekkeiden takana olevan kokonaispaineen ja edessä olevan staattisen paineen erotus painaa liukujan tas. kiihtyvään liikkeeseen.

3. Tasapainolaite

Hopeamitali Pariisissa 1955.

Kääntönivelillä varustetun tangon molemmissa päissä on yhtä raskaat levyt siten että nivelpallot sattuvat niitten painopisteisiin. Levyjen asennosta riippumatta laitteen painopiste pysyy sen keskipisteessä. Siitä riippuu ketju. Laite asetetaan pöydälle siten, että toinen levyistä muodostaa tukipinnan. Muuttamalla tangon kaltevuutta nähdään, että laite pysyy tasapainossa vain, jos ketju

tai sen jatke kohtaa tukipinnan.

4. Laite, joka osoittaa, että kappaleen painopiste on riippumaton kappaleen sisäisistä voimista

Vermeil-mitali Pariisissa 1956.

Levy liukuu toisella levyllä kumilangan (tai vieterin) vetämänä, kun salpa on nykäisty pois. Laite on asetettu rullille, joten samalla koko

systemi joutuu liikkeeseen. Sen painopiste jatkaa lepotilaansa. Tämä todetaan seuraavasti: Liuku- ja aluslevyllä on muovista tehty liuskat, jotka nojaavat toisiinsa. Niissä on ristikkäin kulkevat valoisa raot. Nainen rakojen muodostama valoisa leikkaussuunnikas näyttää laitteen painopisteen paikan. Muovilevy on kiinteänä koordinaatistona kokeessa. Se asetetaan siten, että sen valoisa rako muodostaa "painopistesuunnikkaan" kanssa huutomerkkin. Laite viritetään ja asetetaan rullille ikkunalaudalle tai luokan pöydälle siten, että sen takaosa on valaistu, jotta koko luokka näkisi huutomerkkin. Salpa nykäistään pois, systeemi liikkuu, mutta huutomerkki pysyy ehjänä. Painopiste pysyy siis levossa.

5. Sähkömoottorin akseliin kiinnitettäviä monia koevälineitä

Tämän laitteiston välineillä voi tehdä useita keskeisiä kokeita mekaniikan, aaltoliikeopin, akustiikan ja optiikan alalta. Siihen kuuluu vaihtovirtamoottori, joka kytketään suoraan valoverkkoon. Lisäksi siihen kuuluvat kaikki välineet seuraavia kokeita varten:

1. *Keskeisliike ja kaava* $m \cdot r = m_1 \cdot r_1$ Kaksi massaa m ja m_1 on kiinnitetty metallitangon päihin. Niitten välissä on helmi osoittamassa laitteen painopistettä. Tämä todetaan ripustamalla laite helmen rihmasta, jolloin laitteen täytyy pysyä vaakasuorassa asennossa. Siis $m \cdot r = m_1 \cdot r_1$. Tämän jälkeen pannaan laite metallikehykseen siten, että tanko pääsee liukumaan kehyksessä. Kehys kiinnitetään moottorin akseliin. Kun laite pannaan pyörimään, todetaan, että massoihin vaikuttavat keskipakovoimat ovat yhtäsuuret vain, jos painopistehelmi on moottorin akselin jatkeella, jolloin siis momenttilaki on voimassa.

2. *Ratatangentti*. Akseliin kiinnitetään ympyrän muotoinen smirgelilevy. Kun pyörivää levyä vasten painetaan teräslanka, nähdään kipinöitten lentävän "tuliympyrän" tangentin suunnassa. Koe tehdään hämärässä luokassa.

3. *Sentrifugi*. Akseliin kiinnitetään sylinterin muotoinen muoviasia, jonka vaipassa on reikiä. Astiaan pannaan märkä kangastilkku. Kun astia on hetkisen pyörinyt, otetaan tilkku pois ja todetaan melkein kuivaksi.

4. *Keskipakoketjut*. Akseliin kiinnitetään ympyrälevy, jonka reunaan painetaan metalliketjusilmukka. Pyörivästä levystä ohjataan ketju pois esim. kynällä tai jollakin puikolla ja nähdään kuinka ketju vierii yli pöydän kuin jäykkä vanne.

5. *Äänisireeni*. Äskenen levy on samalla akustinen sireeni, jossa on viisi ympyrää. Ensimmäisessä ympyrässä on 4, sitten 5, 6 ja 8 reikää. Letkulla puhalletaan ilmavirta reikäriveihin ja kuullaan duurikolmisointu.

6. *a:n värähdysluvun määrittäminen*. Viidennessä reikärivissä on 10 reikää ja se antaa ksivivaisen $a \cdot n$, joka todetaan ääniraudan tai a-pillin avulla. Sireenilevy poistetaan ja akseliin kiinnitetään

muovirulla, jonka kouruun pannaan kumilankasilmukka. Joka kerta, kun silmukan liitoskohta kulkee akselin yli, kuuluu napsahdus. Lasketaan silmukan 50 kierrokseen kuluva aika. pyörittämällä rullaa saadaan selville montako akselin kierrosta yksisilmukan kierros vastaa ja sitten lasketaan värähdysluku.

7. *Värikiekot*. Akseliin kiinnitetään värikiekkko, jonka sektorit muodostavat kirjon. Levy pannaan pyörimään ja todetaan näitten värikomponenttien yhtymisestä saatu tulos. Vastaava koe tehdään kiekolla, jossa on kaksi komplementtiväriä.

8. *Seisova aaltoliike*. Akseliin painetaan muovitulppa, johon on epäkeskeisesti kiinnitetty kumilanka. Kumilanka pingoitetaan akselin suunnassa ja moottori pannaan käyntiin. Tällöin syntyy erittäin selvä seisova poikittainen aaltoliike. Koska se on kolmiulotteinen, päästään luontevasti polarisaatiokäsitteeseen siten, että asetetaan toinen käsi hilaksi. Annetaan langan värähdellä käden sormien välitse ja todetaan aaltoliikkeen tasoutuneen. Toisella kohtisuoralla raolla voidaan aaltoliike sammuttaa.

9. *Värähtelevä sauva*. Akselin päähän painetaan epäkeskeinen muovitulppa. Puuliuskan pää painetaan tulppaa vasten ja annetaan sen hitaasti liukua pitkin tulpan seinämää. Resonanssikohdissa joutuu liuska seisovaan aaltoliikkeeseen.

10. *Litistytävä rengas*. Metalliakselin varassa on jousesta tehty ja hyvin näkyvällä muovilla päällystetty ympyrärengas, jonka alapää on akselissa kiinni, mutta yläpää liukuva. Renkaan akseli kiinnitetään moottorin akselin jatkeeksi ja kädellä pidetään kiinni akselin vapaasta päästä. Moottori pannaan käyntiin ja nähdään pallo, joka vähitellen litistyy navoiltaan.

6. Keskipakoputki

Noin puolen metrin pituisessa akryyliputkessa on vettä kevyempiä valkoisia ja raskaampia punaisia helmiä. Putki täytetään vedellä ja nostetaan pystyasentoon, jolloin helmet asettuvat putken pohjalle ja veden pinnalle. Nyt tartutaan putken alapäähän, käännetään vaakasuoraan asentoon ja heilutetaan suuressa kaaressa tässä tasossa. Helmet vaihtavat paikkaa. Oppilaille tuottaa suurta päänvaivaa, miksi valkoiset helmet tulevat käden kohdalle. Opettajan viittaus siihen, että putkessa on myös kolmantena ryhmänä "vesihelmet", selittää ilmiön.

7. Keskipakosilmukka

Teräspallo tekee "surmansilmukan" telineessä, joka on tehty aluminikiskosta.

8. Laite sentripetaalivoiman määrittämiseksi

Palkittu hopeamitalilla Brysselissä v. 1955.

Laitteen perusrungon muodostaa teline, johon on pingoitettu pystysuora kierrejousi. Jousen kierteille asetetaan laite, joka koukun varassa liukuessaan joutuu kiertoliikkeeseen. Tämän laitteen päissä oleviin lankoihin ripustetaan 50 g painot. Nämä

heilurit nojaavat metallikaiteisiin, jotka ennen koetta on päällystettävä lycopodiumjauheella. Kun sauva on kiertänyt likelle vieterin keskipaikoille asetettua putkea, mitataan esim. 10 kierrokseen kuluva aika. Siitä kiertoaika T . Kaiteeseen nojannut heiluri on ulospäin kääntyessään pyyhkinyt jauhetta pois ja siten merkinnyt "muistiin" heilurin asennon. Sauva pysähtyy itsestään putken päähän. Sauva nostetaan pois telineeltä ja sen avulla rekonstruoidaan tilanne luokan taululle. Täydennetään kuvio voimain suunnikkaaksi ja mitataan sentripetaalivoima F_1 . Sitten sijoitetaan kuvioita mitatut tarpeelliset suureet sentripetaalivoiman kaavaan ja lasketaan F_2 . Todetaan, että $F_1 = F_2$.

Tämän kokeen avulla oppilaat tutustuvat sentripetaalivoiman kaavaan kokeellisesti, eikä vain teoreettisesti, kuten yleensä lienee tapa. Voimainsuunnikas tekee heilahdusliikkeen heilahdusajan kaavan johtamisen helpoksi.

9. Gyrohyrrä lisälaitteinen

Hyrrän läpimitta on noin 8 cm. Lisälaitteina on alusta, jonka pystysuoran tangon päähän hyrrä asetetaan pyörimään, hyrräkehukseen ruuvattava lisätanko, jonka avulla "hyrrävivun" voi asettaa tukitangolle tasapainoasentoon. Kuormittamalla vivun eri puolia nähdään voimien vaikutus systeemiin. (Hyrräkompassin periaate.) Hyrrää pyörittää taskulampun patterilla toimiva moottori.

10. Vipu

Herkästi liikkuva ympyrälevy. Liuskat, joiden keskimäinen viiva näyttää voimien suunnan. Käännettävä asteikko voimien varsien mittaamiseen. Tehdään useita kuormituksia ja todetaan momenttilaki.

11. Differentiaalitalja

12. Pudotin g:n arvon määrittämiseksi

Kultamitali Pariisissa 1956.

Ajan mittaaminen perustuu vaihtovirran jaksolukuun, joten tarkkuus on 1/100 s. Laitteen muodostaa n. 60 cm pituinen lauta, joka asetetaan pystysuoraan asentoon esim. puristimen avulla. Laudan yläosassa on virran katkaisusysteemi ja alaosassa portti, joka auetessaan katkaisee virran. Yläosaan laitetaan pieni muovilava, jolloin virta katkeaa. Lavalle asetetaan teräspallo. Kun lava vetäistään äkillisellä nykäyksellä pois sulkeutuu virta. Pallo putoaa vapaasti ja iskee alaportin auki, jolloin virta katkeaa. Pudottimen johdin on kytketty sähkökoskettimen vaihenapaan ja johtosysteemin viimeisenä osana on mustaksi lakattu metallilevy. Kokeen aikana vedetään sormella pitkin levyn pintaa, johon aikaisemmin on sivelty ohut perunajauhekerros. Sormi jättää selvän tihennysten ja harvennusten muodostaman aaltoviivan. Niitten summa osoittaa montako 1/100 s putoamiseen on kulunut. Matka nähdään alustan asteikosta. Matkasta ja ajasta lasketaan g:n arvo.

13. Kääntöheiluri g:n arvon määrittämiseksi

Koeselostus seuraa tilausta. Heilurin tarpeelliset suureet määrätään graafisesti. Oppitunnin puitteissa g:n arvon määrittäminen tällä laitteella on liian hidasta, mutta fysiikan kerhon välineenä kääntöheiluri on erittäin sopeva.

14. Resonanssiheilurit

Kaksi "yhteneväistä" heiluria riippuu telineessä ja niitä yhdistää punnuksella kuormitettu lankasilta. Toinen heiluri pannaan heilahtelemaan. Sen energia siirtyy annoksittain toiseen heiluriin ja pian edellinen heiluri pysähtyy. Sitten palautuu energia edelliseen heiluriin jne.

15. Raide ja kuusi teräspalloa

Koe: Raiteelle laitetaan pallorivi ja sitten annetaan ensimmäisen pallon iskeä riviä. Todetaan rivin viimeisen pallon irtoavan. Sitten sama koe kahden pallon iskulla jne. Työnti, äänen eteneminen, energian siirtyminen.

16. Vinon heittoliikkeen malli

Uurteella varustettu metallitanko voidaan kääntää taustalevyä vasten haluttuun kulmaan. Uurteessa on teräsvieteri ja sen kierteissä riippuu yhtäpitkien välimatkojen (alkunopeus) päässä ketjuja osoittamassa vapaan putoamisliikkeen matkoja. Näitten riippuvien ketjujen päissä on värikkäät helmet esittämässä lentorataa. Kaltevuuskulmaa voidaan siis vaihtaa. Alkunopeutta voidaan muuttaa venyttämällä vieteri halutun pituiseksi ja siten voidaan tarkastella näitten muutosten vaikutusta lentorataan. Todetaan sama heittoväli komplementtikulmissa.

17. Kalteva taso, ruuvi ja potkuri

Mekaaninen malli. Kalteva taso kierretään sylinterin ympärille. Potkuri muodostetaan lisäksiivekkeillä.

18. Kaksoiskartio ja kalteva taso

Kaksoiskartio näyttää nousevan pitkin kaltevaa tasoa, joka on tehty kahdesta V-kirjaimen muotoon kiinnitetystä metallikiskosta. Mittauksella korjataan tämä hämmästyttävä näköharha.

19. Maxwellin ratas

Pot.energian muuttuminen liike-energiaksi ja päinvastoin.

20. Pallo ja kuperapohjainen astia

Laitteella esitetään tasapainoasennot potentiaalienergian funktioina.

21. Laitte väliaineen vastuksen kaavan toteuttamiseksi

Sauvan renkaan varaan asetetaan ohuesta silkkipaperista tehty kartio. Se nostetaan likelle luokan kattoa ja kun sauva temmataan äkkiä alta pois, joutuu kartio pian tasaiseen liikkeeseen, jolloin väliaineen vastus = kartion paino. Mitataan

kartion putoamisaika tietyistä kohdasta lattiaan. Sitten pannaan 4 kartiota sisäkkäin ja suoritetaan sama koe ja mittaus. Sitten 9 kartiolla. Todetaan, että vastus on suoraan verrannollinen nopeuden neliöön. Sama koe tehdään suuremmalla kartiolla ja todetaan, että saadaan sama nopeus kuin pienemmällä. Hartioitten pohjien alat ovat suoraan verrannolliset paperimääriin, siis kartioitten painoihin eli siis väliaineen vastuksiin.

22. Mekaaninen havaintomalli aineen eri olomuodoista

Kiinteä kappale: Aluslevyllä on säännöllisten välimatkojen päässä kuoppia, joissa on värikäs helmi. Kun alustaa ravistetaan, liikkuvat helmet kuopissaan antaen havainnollisen kuvan molekyylien värähtelystä. Lämpötila ja liike, abs. 0-piste. Lisätty liike-energia nostaa helmet kuopistaan (sulamispiste ja s. lämpö) ja nyt alkaa helmien epäsäännöllinen liike. Neste. Lisätään havainnollisuutta siten, että alustan kuopat peitetään tasaisella levyllä, jonka poikki pingoitetaan kumilanka. Helmet pannaan langan toiselle puolelle. Nyt törmäävät helmet toisiinsa ja astian seiniin (paine) sekä pommittavat kumilankaa (= pintajännitys). Nopeimmat helmet hyppäävät kumilankaesteen yli (haihtuminen) ja viimein ne voittavat joukolla esteen (kiehumisen). Kun kumilanka poistetaan saadaan havaintokuva kaasusta suljetussa astiassa.

23. Lisävälineistö rainaheittimeen

Tähän monipuoliseen välineistöön kuuluu läpinäkyviä muovilevyjä, erinäisillä laitteilla varustettuja kumiletkun kappaleita, kumilenkkejä jne., joitten avulla voi helposti koota rainaheittimiin sopivia läpivalaisuastioita. Ne ovat noin 1 cm paksuisia, joten ennen tilausta on parasta varmistaa, että ne mahtuvat koulun rainaheittimen kuvarakoon. (Ne on valmistettu Aldisheitintä mallina pitäen). Näillä laitteilla voi esittää seuraavat kokeet:

Kapillaari-ilmiö: Näytetään veden nouseminen ja elohopean laskeminen ohuissa putkissa.

Pintajännitys: Veden ja sprin seokseen tipautetaan pipetillä pisara öljyä. Luokan seinällä se näkyy suurena pallona. Reunakulmat.

Diffuusio: Veteen tipautetaan pisara mustetta ja tarkastellaan sen leviämistä.

Yhtyvät astiat: Todetaan nestepintojen sama korkeus samassa nesteessä.

Johdatus kineettiseen lämpöteoriaan: Käytetään vastuslangalla varustettua läpivalaisuastiaa ja suoritetaan vastaava koe kun diffuusiosta. Kytetään vastuslanka esim. taskulampun patteriin ja todetaan, että nesteen lämpeneminen edistää sekoittumista.

Veden hajoittaminen sähkövirralla: Kootaan hiilielektrodeilla varustettu läpivalaisuastia, johon pannaan vettä ja pisara rikkihappoa. Kytetään elektrodit esim. taskulampun

patteriin ja todetaan kaasunkehitys anodissa ja katodissa.

Lyijypuu: Läpivalaisuastia varustetaan lyijyelektrodeilla ja elektrolyytiksi kaadetaan laimeata lyijyasetaattiliuosta. Nähdään lyijypuun kasvaminen katodiin.

Magneettiset kentät: Kaksinkertaisella selluloidi-ikkunalla varustettuun kehykseen kiinnitetään kumilenkeillä pari voimakasta magneettia. (Magneetit eivät kuulu äläineistöön.) "Ikkunoitten" välissä olevista rautapuikoista nähdään magneettisten voimaviivojen muodostuminen.

Kartiroleikkaukset: Rainakoneeseen laitetaan kapealla raolla varustettu levy. Näin saadulla valotasolla 1 leikataan pyörähdyskartiota eri asennoissa ja nähdään kaikki kartiroleikkaukset mitä hienoimpina valokäyrinä.

24. Kuvan kääntäjä rainaheittimen lisävälineistöön

25. Pintajännitysvaaka

Laitteen herkkään jouseen on ripustettu ohut metallirengas. Jousen pään paikkaa tarkkaillaan laitteessa olevasta asteikosta. Nesteen pintajännitysvakio määrätään seuraavasti: Neste kaadetaan matalaan maljaan ja sitä kohotetaan kunnes rengas koskettaa nesteen pintaa. Sitten vedetään maljaa hitaasti alaspäin kunnes rengas äkkiä irtoaa nesteen pinnasta. Jousen kohta asteikolla merkitään muistiin. Sitten asetetaan renkaan alustalle punnuksia kunnes jousi osoittaa äskeistä irtautumiskohtaa. Pintajännitys saadaan jakamalla voima renkaan kehän kaksinkertaisella pituudella. Vaaka antaa hyviä arvoja ja on hyvin sopiva oppilastöihin.

26. Painerasia ja manometri

Metallitankoon on kiinnitetty käännettävä, kumikalvolla varustettu rasia, joka letkulla kytketään mikromanometriin. Rasia upotetaan veteen ja todetaan paineen riippuvuus syvyydestä. Nyt voidaan käänellä astiaa akselinsa ympäri, jolloin nähdään, että paine on riippumaton painepinnan suunnasta.

27. Hydraulisen puristimen malli

Laitteessa on kaksi levyä ja niiden välissä kumipussi. Puhaltamalla ilmaa kumipussiin (letku vastaa pienempää mäntää) saadaan ylälevylle asetettu 20-30 kg paino nousemaan.

28. Cartesiuksen sukeltaja ja siihen kuuluva astia

On vahinko, että tämä hieno koe on jäänyt unohtuksiin. Astia täytetään vedellä ja sen pinnalle asetetaan värikäs pallo, joka on kuormitettu siten, että se juuri ja juuri kelluu siinä. Asua suljetaan kumikannella. Kun kantta painaa, paine leviää nesteessä, joka työntyy pallon avoimesta alaputkesta palloon. Systeemi tulee siis

raskaammaksi ja pallo painuu pohjaan. Kumikannessa on uloke, josta voidaan vetää kantta ulospäin ja näin siis pienentää nesteeseen painetta. Näin voidaan järjestää pallo mihin kohtaan hyvänsä astiassa. Harva koe osoittanee ulkoisen paineen leviämistä nesteessä paremmin kuin tämä.

29. Pintajännitysuumuri

Uimurissa on muovipallo, jonka yläosassa on varren päässä ympyrän muotoinen verkko. Pallo painetaan vedenpinnan alle siten, että verkko koskettaa vettä. Uimuri jää upotettuun asentoon veden pintajännityksen pitämänä, mutta kun pienennetään pintajännitystä parilla pisaralla spritiä tai koskettamalla saippuaisella sormella veden pintaa, ponnahtaa uimuri ylös ja jää kellumaan pallon varassa.

30. Yhtyvät astiat nesteiden ominaispainon määrittämiseksi

Laitteessa on läpinäkyvä muoviputki, joka on kiinnitetty mm-asteikolla varustettuun tukialustaan. Toisessa astiassa on vettä, toisessa nestettä, jonka ominaispaino on määrättävä. Laitteeseen kuuluu lisäksi ohuella kumiletkulla varustettu kumipallo. Letku pujotetaan muoviputkeen ja palloa puristamalla saatetaan nestepatsaat nousemaan sopivan korkuiseksi. Sen jälkeen vedetään imupallon letku pois putkesta ja suoritetaan tarpeelliset mittaukset ja laskut. Laite on myös erittäin sopiva oppilastöihin.

31. Laite Boyle-Mariotten lain esittämiseksi

B-M:n laki. Kokeiluvälineenä on n. 80 cm pituinen umpinainen lasiputki, jonka toisessa päässä on elohopeaa ja toisessa harvennettua ilmaa. (Putkeen kuuluu suojakoielo.) Kun putki nostetaan pystyyn siten, että elohopeapatsas jää yläpuolelle, painuu elohopea alaspäin ja puristaa ilmapatsasta. Elohopean yläpuolelle jää tyhjiö. Kallistamalla putkea huomataan, että ilmapatsaan yläraja (siis Hg:n alaraja) pysyy samalla vaakasuoralla tasolla. Koe suoritetaan parhaiten luokan valoisaa ikkunaa vasten, johon laitteeseen kuuluvilla imukupeilla ja kumilangalla pingoitetaan kysymyksessä oleva vaakasuora. Piirretään taululle kuvio ja johdetaan yhdenmuotoisista kolmioista B-M:n laki. Ennen koetta on katsottava, että elohopeapatsas on yhtenäinen. Jos siinä on katkoja, saadaan ne pois varovaisesti koputtelemalla, tai sivelemällä putkea spriihin kostutetulla kangaspalalla.

Laitteen suurin etu on siinä, että ulkoilman paine on eliminoitu. Koe on nopea ja selvä.

32. Venttuuriputki Bernoullin lain selittämiseksi

Laitteen pääosana on muoviputki, joka on keskikohdalta litistetty. Tämä kohta on läpinäkyvällä muoviletkulla yhdistetty putken toiseen kohtaan. Letkun mutkaan pannaan musteella värjättyä spritiä. Nämä laitteet on kiinnitetty alusta- ja taustalevyyn siten, että luokka selvästi näkee spriipatsaan liikkeitä. Pölynimurilla

järjestetään ilmavirta venttuuriputkeen (puhallus tai imu) ja todetaan, että mustepatsas nousee kavennuksen kohdalla, jossa ilmavirran nopeus on suurin ja siis putken seiniin kohdistuva staattinen paine pienin.

33. Laitteita Bernoullin lain havainnollistamiseksi

Laitteistoon kuuluu muovikuppi, jonka pohjassa on reikä. Kuppiin pannaan muovipallo ja sitten painetaan kupin pohja pölynimurin puhallusputkea vasten. Pallo ei suinkaan lennä pois kupista, vaan päinvastoin "imeytyy" siihen lujasti pyörien. Toisessa laitteessa on vaakasuora varras, jota myöten kaksi muovipalloa herkästi liukuu. Kun suunnataan ilmasuihku pallojen väliin, ne vetäytyvät - toisin kuin luulisi - toisiaan vasten. Kolmannessa laitteessa on portti, jonka muodostaa kaksi kuperaa metallilevyä. Suunnataan ilmavirta porttiliuskojen väliin ja todetaan, että portti menee entistä tiukemmin kiinni. Edellä mainitulla muovipallolla voi suorittaa myös seuraavan erittäin hauskan kokeen. Asetetaan pölynimurin puhallusaukko kohtisuoraan ylöspäin ja asetetaan varovaisesti pallo ilmasuihkuun. Se jää siihen "kellumaan" ja jos kantaa pölynimuria luokassa, pallo seuraa mukana ilmassa heilahdellen. Kokeet ovat mukavat suorittaa siten, että ennakoita kysyy oppilailta, mitä tapahtunee. Yllätys on sitä suurempi.

34. Lentokoneen siiven malli ja manometri

Lentokoneen siiven malli kiinnitetään statiiviin ja esim. pölynimurilla suunnataan ilmavirta sitä kohti. Manometrin letku painetaan siiven läpi kulkeviin reikiin, yläpintaan, jolloin manometri näyttää siiven alla olevan painepölynimurin, alapintaan, jolloin nähdään yläpinnalle kohdistuva painevähennys, "imu". Todetaan imun vaikutus huomattavasti suuremmaksi kuin paineen.

35. Metallilämpömittarin malli ja metallilämpömittari lisälaitteineen

Alustaan on kiinnitetty noin 15 cm pituinen kaksoismetallista tehty liuska. Kun sitä kuumennetaan liekillä, se taipuu kaarelle metalliliuskojen erilaisen pituuslaajenemisen takia.

Lämpömittari on ohuen sylinterin muotoinen ja siinä on noin 20 cm pituinen osoitin. Lisälaitteet: erillinen asteikko, muovinen kalorimetri, lämpömittarin kiinnitysalusta ja pari metallisylinteriä säteilykokeita varten. Laitteen avulla koko luokka voi välittömästi seurata lämpötilan muutoksia kokeissa.

Kalorimetrisissa kokeissa painetaan lämpömittariputki kalorimetrin reikään ja asteikko asetetaan siten, että lämpömittarin osoitin on asteikon säteenä. Osoitin käännetään sopivalle lukemalle.

Liukeneminen. Kalorimetriin pannaan vettä ja siihen liuotetaan karkeaa kiinnityssuolaa.

Kylmäseos. Kalorimetriin pannaan jäämurskaa tai lunta, johon sekoitetaan karkeaa kiinnityssuolaa.

Haihtuminen. Lämpömittarin sylinterille painetaan pieni pumpulitukko, johon kaadetaan helposti haihtuvaa nestettä, esim. eetteriä, asetonia, alkoholia.

Säteily. Lämpömittari kiinnitetään alustansa ja varustetaan asteikolla. Lämpömittarin sylinterille painetaan ensin kirkas, sitten mustattu metallituppi. Lähelle laitetta asetetaan lämmönlähteeksi esim. sähkölamppu ja todetaan metallituppien erilainen lämpösäteitten imemiskyky.

36. Alusta ja teräslanka jään sulamispisteen tutkimiseksi

Laitteella voidaan vaivattomasti ja kätevästi näyttää teräslangan painuminen jääpalasen läpi, siis paineen vaikutus jään sulamispisteeseen.

37. Suihkumoottori

Metalliastian läpi on juotettu putki, jonka päihin on porattu vastakkaisille puolille sivureijät. Astiaan pannaan vettä ja se kuumennetaan spriiliekillä. Sivuputkista tunkeutuvan höyryn reaktiovaikutus panee moottorin nopeasti pyörimään.

38. Höyryturbiini

Höyrypannun yläosaan on kiinnitetty herkästi pyörivä siipiras (juoksupyörä), jonka siipiä vastaan pannusta tuleva putki ohjaa nopean höyrysiipin. Ratas, jonka halkaisija on n. 9 cm, alkaa pyöriä.

39. Laite kastepisteen määrittämiseksi

Sylinterin muotoisessa kirkaspintaisessa metalliastiassa on kansi, jonka läpi kulkee astian pohjaan saakka ulottuva, kumipallolla varustettu metalliputki. Astiaan kaadetaan pieni määrä eetteriä ja astian sivuaukkoon painetaan lämpömittari niin syväälle, että sen elohopeaosa ulottuu eetteriin. Pallolla painetaan ilmaa hitaasti eetterin läpi, joka voimakkaan haihtumisen vuoksi jäähtyy. Kun astian ulkopinta samentuu katsotaan mittarista kastepiste.

AALTOLIIKE JA ÄÄNIOPPI

40. Aaltoliikelaite

Pystysuoran levyn päässä on kumitela, jota pyöritetään kämmen avulla. Telan yli asetetaan renkaan muotoinen muovinauha, johon on piirretty poikittaisen aaltoliikkeen kuva. Nauhan alaosa kuormitetaan metallipuikolla. Kun telaa pyöritetään, liukuu muovinauha alustalla ja luokka näkee aaltoviivan liikkuvan.

Koe 1. Käännetään levyn musta puoli luokkaan päin. Tällä puolella on valkoinen raita. Aaltoviivan ja raidan leikkauspiste näyttää yksinkertaisen heilahdusliikkeen. Muu osa aaltoviivaa ei näy tummalta pohjalta. Näin todetaan siis aaltoliikkeen komponentti.

Koe 2. Levyn valkoinen puoli käännetään luokkaan päin. Myöskin tällä puolella on

poikittaisraita. Sen avulla todetaan, että kun raidan ja aaltoviivan leikkauspiste tekee yhden heilahduksen, etenee aaltoliike yhden aallon verran. Tästä havainnosta johdetaan aaltoliikkeen kaavat.

Koe 3. Aaltonauha asetetaan telalle siten, että nauhan molemmat puolet ovat päällekkäin. Nähdään siis kaksi komponenttia yhtä aikaa (aaltoliikkeen heijastus). Levylle laitetaan pari kumilankasilmukkaa siirrettäviksi poikittaisraidoiksi. Niitten avulla merkitään näkyviin sellainen kohta, jossa tulo- ja heijastusaalto kumoavat toisensa sekä se kohta, jossa aallot yhtyvät laajuudeltaan kaksinkertaiseksi aalloksi. Seisovan aaltoliikkeen muodostuminen tulee näin hyvin havainnollisesti esille.

Tämä laite on siis aaltoliikkeitä selvittävä mekaaninen malli.

41. Laite etenevän pitkittäisen ja poikittaisen sekä seisovan aaltoliikkeen esittämiseksi

Tässä laitteessa on kaksi helmiriviä, joista toinen joutuu etenevään pitkittäiseen ja toinen poikittaiseen aaltoliikkeeseen erinäisiä keloja kiertämällä. Vaihtamalla kelaa saadaan seisova aaltoliike näkyviin. Aaltoliikkeitten analysointi käy helposti tarkkailemalla helmien liikkeitä. Yksinkertaisen heilahdusliikkeen ja aaltoliikkeen välinen yhteys käy hienosti ilmi siten, että helmiriville asetetaan värikäs muovipallo. Yhden heilahduksen tapahtuessa siirtyy pallo yhden aallon verran. Siitä kaavat.

42. Laite veden aaltoliikkeen esittämiseksi

Laite samantapainen kuin edellinen, mutta tässä helmet ovat ympyräliikkeessä mustaa taustaa vasten. Koko ilmiö, jonka selitys kuvioitten avulla taululla on lähes mahdoton, jäsentyy tällä laitteella heti.

43. Resonanssilaite

Alustalevylle on kiinnitetty eri pitkiä, mutta kaksittain saman pituisia metallisauvoja. Sauvojen päissä on hyvin näkyvät helmet. Kun joku sauvoista pannaan värähtelemään, tarttuu voimakas värähtely yhtä pitkään sauvaan muitten pysyessä levossa. Jos siirretään helmiä, resonanssi lakkaa.

44. Liekkimanometri ja pyörivä peilikuutio

Laitteen tärkeimpänä osana on rasia, jonka yhtenä seinämänä on ohut kumikalvo. Rasia kytketään letkulla kaasulähteeseen. Kaasu virtaa rasiaan ja terävän kärjen kautta siitä pois. Ulos virtaava kaasu sytytetään ja liekki muodostetaan n. 4-8 mm:n pituiseksi. Kun liekkiä katsotaan pyörivästä peilikuutiosta, nähdään yhtenäinen valonauha, mutta kun putken avulla huudetaan vasten kumikalvoa, alkaa liekki värähdellä ja pyörivästä peilikuutiosta nähdään sahan terää muistuttava aaltonauha. Aallot ovat erikoisen voimakkaat kun huutaja saavuttaa oikean resonanssikorkeuden.

45. Äänen etenemistä havainnollistava laite

Muoviputken päihin pingoitetaan kimmoiset kalvot (kumi tai muovikalvo). Kumpaakin kalvoa vasten nojaa heiluri. Kun toisen heilurin pallo pannaan "takomaan" kalvoa, alkaa toinenkin heiluri hyppiä osoittaen havainnollisesti miten ääni äänilähteestä paineaaltona vaikuttaa korvan tärykalvoon.

46. Astia ja summeri äänen resonanssikokeeseen

Noin 70 cm pituisen akryyliputkiasian alareunaan on kiinnitetty kumiletku veden poistoletkuksi. Astia täytetään siis vedellä ja lähelle sen suuta asetetaan taskulampun patteriin kytketty summeri. Annetaan veden hitaasti virrata pois, jolloin tietyissä kohdissa summerin ääni selvästi voimistuu. Kumilenkeillä merkitään resonanssikohdat ja putken laidassa olevasta asteikosta katsotaan ilmapatsaiden korkeudet. Lasketaan ääniaallon pituus ja värähdysluku.

SÄTEILYOPPI**47. Varjostin valo-opin kokeisiin**

Varjostin on akryylimuovista ja sen pintaan on liimattu läpikuultava kalvo. Mittaamista varten on varjostimessa mm-asteikko. Varjostin on hyvin käytännöllinen linssi-, peili- ja spektri-kokeissa.

48. Savulaatikko valo-opillisiin kokeisiin

Kannelliseen läpinäkyvään muovilaatikkoon pannaan n. yksi kolmasosa palavasta savukkeesta. Pian savu täyttää laatikon, jolloin sen läpi suunnatut valonsäteet tulevat selvästi näkyviin. Valolähteen valosuihkusta voidaan "seuloa" joko yksi säde tai useamman säteen ryhmä laatikon eteen asetettavan varjostimen avulla. Laatikon kannessa on laitteita, joitten avulla voi asettaa optisia välineitä laatikon sisään sekä käänellä niitä. Laatikon avulla voidaan esittää valonsäteen (säteiden) kulku erilaisten optisten laitteitten läpi, heijastuminen jne.

49. Laitteet valon polarisaation esittämiseksi

Polarisaattorina on tavanmukainen musta peili, mutta analysaattorina on valkoiselle levyllä kiinnitetty peilipyramidi. Jos esim. rainaheittimellä suunnataan suora valosuihku pyramidiin, syntyy aluslevylle heijastuskuvio. Kun valosuihku tulee polarisaattorin kautta, heijastuskuvio katoaa määrättyissä asennoissa. Sekä polarisaattori että analysaattori ovat tukitelineillä, joten niiden asettaminen koettaa varten on helppo. Ilmiön selittämistä varten kuuluu laitteisiin lisäksi metallilangasta taivutettu aaltoviiva. Tämä mitä hienoin koe poistaa sen haitan, joka tavallisilla polarisaatiopeileillä on ilmeinen. Valotäplä ei joudu kiertämään luokan usein eri etäisyyksillä oleville pinnoille, vaan koko ilmiö keskittyy samalle pienelle alalle, jonka koko luokka näkee.

50. Polarisoivat kalvot ja havaintomalli

Laitteen muodostaa kaksi kehystä, joissa on polarisoivat kalvot. Laite läpivalaistaan projektiokoneella luokan seinälle ja todetaan valopisteen pimeneminen ja kirkastuminen 90 asteen kääntövaiheissa. Ilmiö selitetään mekaanisen havaintomallin avulla.

51. Muovikalvolinssi lisälaitteineen

Linssi muodostuu kahdesta kehyslevystä, joissa on ympyrän muotoinen reikä ja joiden väliin puristetaan läpinäkyvällä kalvolla varustettu kumirengas. Kumipallolla voidaan painaa ilmaa tai vettä tähän koteloon ja näin pullistaa kehyslevyjen ikkunat ulospäin, jolloin syntyy kupera linssi. Vastaavasti voidaan järjestää imu ja muodostaa kovera linssi.

1. Ilmalinssi upotetaan läpinäkyvään ja suoraseinäiseen astiaan, jossa on vettä ja muutama pisara fluoresiinia. Linssin läpi suunnataan yhdensuuntaisten valonsäteitten muodostama suihku. Kupera linssi hajottaa ja kovera supistaa valosuihkun. Todetaan siis väliaineen ja linssin tiheyserojen vaikutus, joka tavanomaisissa linssikokeissa jää huomaamatta.

2. Vesilinssi tehdään seuraavalla tavalla: Kumipallon letku irroitetaan linssistä ja pallo täytetään vedellä. Sitten kiinnitetään letku linssiin ja painetaan vettä siihen pitämällä linssin avonaista poistoletkua ylöspäin. Kun poistoletkusta alkaa tulla vettä se suljetaan nipistimellä. Vesilinssi on valmis ja nyt voidaan helposti muodostaa molemmat linssityypit. Voidaan siis suorittaa tavanomaiset linssikokeet. Vesi jätetään laitteeseen.

3. Mielenkiintoisin koe vesilinssillä on silmän mukautumiskyvyn esittäminen. Vesilinssi kiinnitetään alustalle asetetun läpikuultavan puolipallon eteen. Näin saadaan mekaaninen malli silmästä. Noin 0,5 m päähän silmälinssistä asetetaan kirkas sähkölamppu. Painetaan pallosta kunnes "silman" takaseinälle asetetulle "keltaiselle pilkulle" muodostuu tarkka kuva lampun hehkulangasta. Säilytetään linssin kuperaus nipistämällä pallon letku kiinni ja siirretään lamppua. Hehkulangan kuvio tulee epäselväksi, mutta se saadaan taas teräväksi muuttamalla linssin käyryys sopivaksi. Paitsi silmän mukautumiskykyä voidaan tällä laitteella demonstroida pitkä- ja likinäköinen silmä sekä käyttämällä lasilinssijä apuna näitten vikojen korjaus. Linssikehyksen aukkoon voidaan myös painaa himmentäjä (reijallinen kumilevy) ja näin selvittää silmäterän toiminta. Keltaista pilkkua kuvaavalla levyllä todetaan, että likinäköisen kuva muodostuu silmän sisälle, pitkinäköisen silmän ulkopuolelle.

52. Valovastus fotometriin mittauksiin

Pienen telineeseen kiinnitetty valovastus ja milliampeerimittari kytketään 60-120 voltin tasavirtaan. Palava kynttilä asetetaan valovastuksen eteen sopivan matkan päähän ja mittarin osoittimen

lukema pannaan muistun. Sitten asetetaan mitattava valolähde, esim. sähkölamppu, sellaiselle etäisyydelle valovastuksesta, että mittari näyttää samaa lukemaa. Molemmat valolähteet ovat silloin valaisleet vastusta yhtä voimakkaasti. Mitataan valovastuksen ja valolähteittäväiset etäisyydet ja suoritetaan laskut tunnetulla tavalla.

Rasvatäplä- ja varjofotometrien merkitys on lähinnä pedagoginen. Lukioluokilla on jo siirryttävä tarkempaan mittaukseen. Valovastuksen antama tarkkuus on hyvä ja huomattava etu on myös, että koe ei vaadi täysin pimennettyä luokkaa.

53. Loistekangas ja värisuodattimet fosforisuuskokeisiin

1. Loistekangas kiinnitetään pimennetyn luokan seinälle. joku oppilas asettukoon lähelle kangasta siten, että kun rainaheittimellä suunnataan kirkas valosuihku häntä kohti, kasvojen profiilista tulee terävä varjo kankaalle. Pian todetaan selvä "atomivalokuva" kankaalla varjon jäädessä mustaksi, mutta valotetun kankaanosan loistaessa vihertävää fluorisuusvaloa. Salamalampulla on koe erittäin vaikuttava.

2. Rainaheittimeen pannaan värisuodatin, jonka toinen osa on punainen ja toinen sininen. Väriäiskät suunnataan loistekankaalle ja todetaan vain sinisen osan voimakas valottuminen. Kirjon sininen ja violettinen osa sisältää vain ne kvantit, jotka virittävät atomit. Elektronien vaiheittainen paluu normaalikuorilleen aiheuttaa sen, että atomi palauttaa kvantin pitempiaaltoisena.

3. Muovipussiin pannaan luntia ja se painetaan valotettualoistekangasta vasten. Jäähtynyt kohta tummenee, sillä elektronihyyt vähenevät. Kun lämpötila on tasaantunut, loistaa äskeinen tumma kohtaympäristöään valoisampana, koska sen viritettyjen atomien energiavarasto on säästynyt.

54. Säteilylaitteet

Kaksi parabolipeiliä. Toisen polttotasolla on hehkulamppu säteilijänä, toisessa on musta ja kirkas rasia säteilyn vastaanottajina. Ne ovat kytketyt nestemanometreihin, joiden nestepatsaiden noususta nähdään rasioitten absorptiokyky.

55. Hila, rakovarjostin ja mekaaninen havaintomalli

Hilatiheys on 200 rakoja 1 cm:ä kohti. Havaintomalli kuvaa kahta rinnakkaista rakoja ja kahta koherentista valoaltoa. Kääntämällä aaltoja kuvaavia metallilankoja todetaan havainnollisesti ne tilanteet, joissa aallot heikentävät tai vahvistavat toisiaan. Tämä auttaa oppilaita ymmärtämään hilakaavan johdon. Valon aallonpituuden määrittäminen: Rakovarjostin pannaan rainaheittimen kuvakehykseen ja hila asetetaan objektiivin eteen. Tarkistetaan, että varjostimella näkyvät kirjat ovat terävät ja selvät (laite 47) ja sitten tehdään mittaukset. Mitataan esim. ensimmäisen spektrin punaisen värin äärimmäisen

reunan etäisyys valoisasta keskiviivasta ja sitten hilan ja varjostimen etäisyys, joka saa olla useita metrejä. Saadut arvot sijoitetaan hilakaavaan ja lasketaan punaisen valon aallonpituus. Samoin muista väreistä.

56. Interferenssilevyt

Kaksi läpinäkyvää levyä, joissa on samankeskeisiä ympyräviivoja, asetetaan päällekkäin ja näin saatu kuvio heijastetaan rainaheittimellä luokaa seinälle. Nähdään selvät interferenssikuviot, joiden asema muuttuu levyjä siirrettäessä toisiinsa nähden. Laite on havaintomalli, jonka avulla voidaan selittää interferenssi.

57. Interferenssiputki

Noin 3 dm pituisen putken molemmassa päässä on kapea rako. Kun katsotaan rakojen läpi valolähdettä, nähdään valon taipumisesta johtuvat interferenssiviivat.

58. Laite nesteiden taitekertoimen määrittämiseksi

Messinkitankoon on juotettu astelevy. Tanko asetetaan astian reunojen varaan siten, että suurempi osa astelevystä on astiassa. Astiaan kaadetaan nestettä, kunnes nesteen pinta ulottuu astelevyn keskipisteessä olevaan neulaan. Astelevyn reunassa, nestepinnan alla on magn. kannalla varustettu neula. Se asetetaan ennen koetta tietylle lukemalle (esim. 35 astetta). Astelevyn vastakkaisella reunalla, siis nestepinnan yläpuolella, on toinen magn. neula, joka asetetaan siten, että nämä kolme neulaa joutuvat samalle tähtäysuoralle. Laite nostetaan pois astiasta, katsotaan tulo- ja taitekulma ja suoritetaan laskut. Kahden numeron tarkkuus. Erittäinsopiva oppilastyöksi.

59. Laite, joka esittää kuvan kääntymisen prismakiikarissa

Alustalevyyn on kiinnitetty kaksi suorassa kulmassa olevaa kulmapeiliä, jotka vastaavat kiikarin prismoja. Kun katsotaan tähtäysraosta kulmapeilien välityksellä alustan edessä olevaa kuviota, todetaan oikean ja vasemman sivun sekä ylä- ja alapuolen vaihtuminen.

60. Elokvakoneen periaatetta esittävä laite

Ympyrälevyssä on säteittäisiä rakoja. Levyn takaseinälle on rakojen kohdalle piirretty heilureita, joiden asennot vain hieman poikkeavat toisistaan. Kun katsotaan pyörivän levyn reunan yli laitteessa olevaan tasopeiliin, nähdään sekava kuviovyö, mutta kun katsotaan rakoalueen läpi, jäsentyvät kuviot heiluvaksi heiluriksi. Rakojen välialueet katkaisevat näköyhteyden peiliin ja sillä välin vaihtuu kuva toiseksi ja nämä perättäiset, hetkelliset kuvat yhdistyvät liikkeeksi.

SÄHKÖ- JA MAGNETISMIOPPI

61. Laite Coulombin lain toteamiseksi

Kultamitali Pariisissa v. 1958.

Laitteessa on kaksi voimakasta tankomagneettia A ja B, jotka sopivat liukumaan muoviputkessa. Kun magneettien samannimiset kohtiot ovat vastakkain, "kelluu" magneetti B magneettisessa kentässä. Kohtioitten välinen poistovoima on siis $= B:n$ paino. Asteikosta mitataan kohtioitten väli. Tämän jälkeen asetetaan B:n päälle lisäpaino C, joka painaa yhtä paljon kuin B. Poistovoima tulee siis kaksinkertaiseksi. Mitataan pienentynyt kohtioväli ja todetaan Coulombin laki mittaamalla ensin kohtiovälit ja todetaan Coulombin laki esim.

$$\text{seuraavasti: } \frac{17,9\text{mm}}{12,6\text{mm}} = 1,42 \quad \sqrt{\frac{2B}{B}} = 1,41$$

Kohtiovälit ovat siis kääntäen verrannolliset voimien neliöjuuriin eli voimat ovat kääntäen verrannolliset kohtioitten välisten etäisyyksienneliöihin.

Kuvittelemalla useita putkia rinnakkain magneetteineen, todetaan helposti, että magneettien välinen poistovoima on suoraan verrannollinen kohtiovoimakkuuteen.

62. Muoviastioita, joita putkien avulla voidaan yhdistää eri systeemeiksi

Astiat kytketään letkuilla yhtyvien astioitten riviksi ja vesijohdosta johdetaan virtakierto putkistoon. Vesipatsaitten korkeudesta todetaan painejakautuminen astioissa ja kitkanaiheuttamat painehäviöt. Näin voidaan havainnollistaa sähkövirrankulku johtimessa, jännitehäviö. Ohmin laki ym.

63. Kytkinpatsaat

Raskaalla eristetyllä jalustalla on metallitanko, jonka reikiin voidaan painaa banaanikoskettimia. Laite on tarpeellinen kun useita sähkölaitteita kytketään samaan pisteeseen.

64. Laite Örstedin kokeeseen

Noin 10 cm pituinen magn. neula lepää akselinsa varassa tukilevyllä. Neula pääsee kääntymään pystysuorassa tasossa, jolloin luokka näkee neulan kääntymisen. Laitteen johdintanko voidaan pitää neulan suuntaisena kummalla sivulla hyvänsä. Näin voidaan todeta Örstedin laki eri tapauksista.

65. Laite sähkövirran magneettisen kentän tutkimiseksi

Suorakulmion muotoiseen kehykseen on kierretty johdinkäämi, joka kehyksen avonaisessa kohdassa on koottu lumpuksi. Tässä kohdassa on poikittainen muovinen alusta, jossa on pieniä rinnakkaisia "kammioita", kussakin lyhyt meltorautapuikko. Kun kytketään tasavirta käämiin, asettuvat puikot selviksi voimaviivakäyriksi. Laitteen etu on siinä, ettei rautaviilajauhoa tarvita, vaan väline on heti käyttövalmis.

66. Monipuolisia laitteita sähkövirran magneettisten ominaisuuksien esittämiseksi

Laitteen perusosana on vaakasuora alusta, jolle on kiinnitetty kaksi metallikiskoa kytkinkohtineen. Kiskoille asetetaan virtaa johtavia erimuotoisia "keinuja" ym. kappaleita. Niitten avulla voidaan esittää seuraavia ilmiöitä:

1. Samansuuntaiset virrat vetävät toisiaan puoleensa.
2. Vastakkaisuuntaiset virrat karkoittavat toisiaan.
3. Magn. kentän vaikutus sähkövirtaan.
4. Magn. kentän vaikutus solenoidiin.
5. Galvanometriä toimintaperiaate.

67. Sähkötuulipallo, influenssikoneen lisälaitte

Laitteen muodostaa pystysuoran akselin ympäri pyörivä värikäs selluloidipallo, jonka pintaan on vinosti suunnattu kaksi teräväkärkistä metallipuikkoa. Ne kytketään influenssikoneen napoihin. Kärkien ionisoitunut ilmahiukkaset syöksyvät vinosti pallon pintaan ja panevat pallon pyörimään.

68. Vesisuihkulaite elektronisäteen kuvaajana

Muoviastian yläpuolelle on kiinnitetty pieni muovipullo, josta vesi virtaa ohuena suihkuna alastiaan. Suihku kulkee kahden metallilevyn välitse, jotka siis muodostavat kondensaattorin. Kondensaattorin toinen levy kytketään ketjulla vesipullon metalliseen suuttuneeseen. Kondensaattorin levyt kytketään influenssikoneeseen ja todetaan sähköisen vesisuihkun taipuminen sekä se, miten taipumista voidaan säätää kentän voimakkuutta vaihtelemalla. Jos laittaa astian pohjalle vinottain peilin ja suuntaa siihen voimakkaan valosuihkun siten, että se valaisee sopivasti vesipisarointia, saa kokeen erittäin kauniiksi ja vaikuttavaksi pimennetyssä luokassa.

69. Elektroniputken mekaaninen malli

Akryylilevystä taivutettuun alustaan on kiinnitetty metallikierukka kuvaamaan hehkukatodia, verkko hilaa ja metallilevy anodia. Ohut lanka kulkee hilan läpi anodista katodiin ja langalle on pujotettu muutamia helmiä kuvaamaan elektroneja. Näitä "elektroneja" siirtämällä voidaan havainnollistaa elektroniputken toimintaa.

70. Elektroniputki kaaviotelineessä

Triodi. Tavanomaiset kokeet: tasasuuntaaja, vahvistin ja värähtelypiiri.

71. Puolihoiteita ja kiinnitysalusta

Diodeja ja transistori on kiinnitetty levyille, johon on piirretty niiden kaaviollinen kuva. Niillä voidaan suorittaa useita mielenkiintoisia kokeita, joiden selostaminen veisi liian suuren tilan. Kokeiden ohjeet seuraavat tilausta.

72. Kaksoisheilureita sähkömagn. kentässä

Laitteen muodostaa kahdesta muoviputkesta ja kahdesta magneetista tehdyt heilurit, jotka voidaan asettaa vaakasuorille kiskoille heilahtelemaan.

1. Muoviputkiheilurit asetetaan kiskoille ja toinen pannaan heilahtelemaan. Se ei vaikuta toiseen heiluriin, siis mekaanista vaikutusta niiden välillä ei ole. 2. Hangataan putket sähköisiksi ja tehdään sama koe. Nyt alkaa toinenkin heiluri heilahdella. Muuttuva sähköinen kenttä kuljettaa siis energiaa. (Lähetin ja vastaanotin) 3. Vastaava koe magneettisilla heilureilla. 4. Sama koe sähköiselläheilurilla ja magn. heilurilla. Todetaan, että muuttuva sähkökenttä synnyttää magn. kentän. Nämä ovat selvittäviä alkukokeita ennen värähtelypiireihin siirtymistä.

73. Wheatstonen silta

Noin 1 metrin pituiselle laudalle on kiinnitetty vastuslanka ja tarpeelliset koskettimet tunnettua ja mitattavaa vastusta varten.

74. Kuumalankamittarin malli

Taustalevy, vastuslanka, osoitin ja asteikko ovat asennetut siten, että luokka näkee hyvin rakenneperiaatteen ja mittarin toiminnan. Taskulampun patteri sopii kokeeseen.

75. Mekaaninen malli sähkögeneraattorin toiminnan esittämiseksi ja kolmivaihevirran selittämiseksi

Laitteen perusrungon muodostaa kaksi pystysuoraa akryylimuovilevyä. Toiseen on kuvattu kenttämagneetti homogenisine magn. kenttineen. Levyjen keskelle on kiinnitetty akseli, jonka varaan voidaan panna "ankkurit" virrankääntäjiineen ja harjoineen. Ensiksi asetetaan akselille suorakaiteen muotoinen johdin. Kääntämällä sitä eri asentoihin voidaan näyttää kohdat, jossa se sivuaa magn. voimaviivoja ja missä se taas leikkaa niitä eniten ja näin saadaan havainnollinen kuva vaihtovirran synnystä ja sen graafisesta kuvauksesta. Sitten vaihdetaan johdinsilmukka rautasydämellä varustettuun ankkuriin ja näytetään, miten vaihtovirta voidaan muuttaa lykkiväksi tasavirraksi.

Toiselle akryylilevylle on kuvattu kolme kelaa, joihin voidaan kiinnittää johdot, siis kaikkiaan kuusi johtoa. Pyöritetään levyn takana olevaa "magneettia" ja piirretään taululle kunkin kelan synnyttämä virta. Sitten yhdistetään kelojen paluujohdot yhdeksi johdoksi ja todetaan äskeisen kuvion avulla, että näin saadaan nollajohto. Laite helpottaa huomattavasti näitten vaikeitten asiointien ymmärtämistä ja opettamista, sillä eri tilanteitten piirtäminen taululle on tunnin puitteessa mahdotonta.

ATOMIOPPI

76. Atomimallisarja

Sarjaan kuuluvat Bohrin atomimallit H-, He- ja Li-atomeista. Niitten tarkoitus on tehdä

havainnolliseksi atomin rakenne protoneineen, neutroneineen ja elektroneineen. H-atomiin voi liittää pari irrallista neutronia isotooppikäsitteen selvittämiseksi. Lisäksi on pari irrallista elektronia, joita voidaan ripustaa elektronikehiin ionikäsitteen luomiseksi. Atomimallit ovat suureksi avuksi, kun opetetaan elektrolyyttistä dissosiaatiota, alkuaineiden luonnollista järjestelmää, radioaktiivisuutta, ydinreaktioita ym.

77. Väline ydinreaktioitten havainnollistamiseksi

Hopeamitali Brysselissä 1961.

Laitteessa on sauva, jonka keskellä on läpinäkyvästä muovista tehty reijillä varustettu levy. Reikiin on kiinnitetty erivärisiä helmiä (protonit ja neutronit) N-ytimeksi. Tangon päihin kiinnitettyllä kumilangalla laukaistaan alfahiukkanen typpiyttimeen. Alfahiukkanen uppoo ytimeen ja heittää yhden protonin syrjään. Voidaan siis havainnollistaa seuraava ydinreaktio:
 $7N14 + 2He4 \rightarrow 8O17 + 1H1$

78. Atomireaktorin malli

Muoviastiassa, joka kuvaa reaktorin betoniallasta, on yksi seinämä läpinäkyvä. Astiassa on nostettavia tankoja, joista toiset kuvaavat neutronilähdettä U 235 ja toiset hidastinta Cd. Hidastimeksi kaadetaan astiaan vettä. Kun opetuksessa käsitellään tätä havaintovälinettä ikäänkuin kysymyksessä olisi oikea atomireaktori, siis nostetaan Cd-tankoja, kun reaktio hidastuu ja lasketaan, kun reaktio kiihtyy, jää reaktorin rakenne ja toiminta oppilaitten mieleen.

79. Mekaaninen malli Bohrin atomimallista

Selluloidilevy on päällystetty mustalla muovikalvolla ja siinä on kolme valoisaa ympyrää ja keskellä loisteväritäplä (ydin). Noin pennin kokoinen loisteväriillä maalattu rautalevy kiinnitetään kehälleen siten, että taulun taakse pannaan voimakas magn. nasta. Nastaa liikuttamalla saadaan elektronia kuvaava levy liikkumaan kehillään. Samalla elektroni kiertää oman painopisteensä ympäri (spin). Voidaan siis näyttää havainnollisesti, mitenkä esim. fotonit virittää atomin heittämällä elektronin uloimmille radoille ja kuinka viritys laukeaa. Fluorisuus ja fosforisuus saa havainnollisen tulkinnan siten, että annetaan virityksen laueta portaittain.

80. Laitteita atomi-ilmöiden havainnollistamiseksi

Alustalevylle pystytetään eri muotoisia, loisteväreillä siveltyjä metallitankoja. Kokeet tehdään siten, että rainaheittimeen pannaan rakovarjostin ja näin muodostuvalla valotasolla leikataan laitteita nostaten tasoa ylöspäin, jolloin liikkuvat valopisteet esittävät "atomitapahtuman". Pisteet hehkuvat kirkkaina ja näkyvät selvästi pimennetyn luokan perälle saakka.

Radioaktiivinen hajoaminen: Laitteen loistekankaasta tehdyt osat valaistaan ensin, jolloin pimeässä luokassa nähdään vain hehkuva "radioaktiivinen preparaatti" ja + ja - merkki kuvaamassa sähköstaattista kenttää. Rainaheittimeen pannaan usean yhdensuuntaisen raon varjostin. Demonstraatiossa nähdään hiukkassäteily peräkkäisten valopisteiden liikkuvana suihkuna ja gammasäde etenevänä poikittaisena aaltoliikkeenä.

Elektroni ja positroni: Nyt käytetään yhden raon varjostinta. Valotaso suunnataan laitteeseen ja nähdään, miten gammasäde jakaantuu elektroniiksi ja positroniksi. Liikuttamalla valotasoa vastakkaiseen suuntaan saadaan elektroni ja positroni yhtymään gammasäteeksi. Demonstraatiot ovat vaikuttavat ja erittäin hienot.

81. Sumukammio

Akryylimuovista tehty kotelo. Sen pohjalla on musta metallilevy ja siinä radioaktiivinen nasta. Levyn alla on kangas, joka on kostutettu 50 %:lla metanooliliuoksella. Astian pohjasta kulkee letku kumipalloon, jonka avulla voidaan muuttaa painetta kammiossa.

Koe. Sivellään kammion kantta kuivalla sormella tai kangastilkulla, jotta kammiossa olevat ionit saadaan pois ilmatilasta. Sitten puristetaan palloa pöytää vasten, jolloin paine kammiossa nousee. Annetaan paineen äkkiä laueta. Silloin lämpötila alenee kammiossa ja höyry tiivistyy ioniratojen kohdille, jotka syntyvät niistä hiukkasista, jotka lentävät radioaktiivisesta nastasta. Koe tehdään pimennetyssä luokassa. Kammio valaistaan esim. rainaheittimellä sivulta. Silloin tulee viuhkamainen sumuratojen muodostama kuvio selvimmin näkyviin. Kun kangas on kuivunut, irroitetaan letku kammion pohjasta ja tiputetaan noin 5-10 tippaa nestettä kammioon.

MATEMATIIKKA

1. Magneettisilla nastoilla toimiva taulu

Taulun toisella puolella on koordinaatisto ja toisella trigonometrinen yksikköympyrä. Taulu asetetaan luokan taulun liitukourun varaan. Kuviot muodostetaan nopeasti ja tarkasti magn. nastoilla ja kumilangoilla. Taulu on hyvin käytännöllinen seuraavissa tapauksissa.

Koordinaatiston perusteiden esitys ja harjoittelu.

Kokemusperäisten funktioiden esitys.

$y=kx+b$ graafinen esitys ja harjoittelu.

Yhtälöparin $y=kx+b$ ja $y=mx+n$ ratkaiseminen

Janan pituus, monikulmioihin liittyvät tehtävät jne.

Normaaliparaabelin esitys ja siihen liittyvät tehtävät.

Trig. ympyrän säde on 20 cm. Trig. funktioihin liittyvät mittaukset ja eri "tilanteet", jaksot jne. voidaan esittää nopeasti ja erittäin havainnollisesti. Taulun etuna on siis opetuksen nopeuttaminen ja havainnollistaminen. Ei tuhlaata aikaa ruudukon tai

ympyröiden piirtämiseen. Lisäksi liike saadaan uudeksi opetuksen elementiksi.

2. Noniusasteikko

Laite on n. 80 cm pituinen liukuvalla osalla varustettu työntötulkki. Liukulevyä siirtämällä voi koko luokan harjaannuttaa noniusasteikon käyttöön.

3. Avaruusgeometrisen opetusvälineistä

Välineistön perusosana on kaksi läpinäkyvää akryylilevyä, jotka voidaan kiinnittää metallisen kierrevarren päihin. Tätä vartta voidaan taivuttaa mihin suuntaan hyvänsä ja asettaa tasot siis siten, että ne ovat yhdensuuntaiset, kohtisuorat, tai kuvaavat diedriä jne. Laitteistoon kuuluu imukupeilla varustettuja metallitankoja. Niitten avulla voidaan havainnollistaa teoreemat, jotka liittyvät tasojen ja suorien keskinäisiin suhteisiin. Kumilankojen ja metallitangon avulla voidaan rakentaa konstruktio teoreemaan: Jos suora on kohtisuorassa kahta tason suoraa vastaan, jotka kulkevat sen kantapisteen kautta jne. Avaruuskonstruktio voidaan myös rakentaa teoreemaan: Jos pyramidin leikkaa pohjansuuntainen taso on leikkauskuvio yhdenmuotoinen jne. Sylinteri ja kartio irrallisine väppöineen kuuluvat välineistöön, samoin säännöllinen tetraedri ja oktaedri. Vielä on välineistössä metallilangasta tehty tasakylkinen kolmio, jolla voidaan esittää pyörähdyskartio. Kun rainaheittimeen pannaan rakovarjostin ja näin saadulla valotasolla leikataan äskeistä pyörähdyskartiota eri asennoissa, nähdään kartioleikkaukset valokäyrinä. Tämä demonstraatio on yksinkertaisuudessaan erinomaisen hieno.

4. Hyperbelipiirrin

Laitteessa on kaksi ketjua, jotka liukuvat rinnakkain pienen keskuskappaleen reikien läpi voimatta ohittaa toisiaan. Ketjujen päitten välinen erotus pysyy siis vakiona. Ketjuje n imukupit painetaan tauluun hyperbelin polttopisteiksi. Sitten kuljetetaan keskuskappaleeta, jonka läpi on pantu liitu, pitkin taulun pintaa siten, että ketjut pysyvät jännitettyinä. Liitu piirtää hyperbelin.

5. Ketjuharppi

Harpin osat ovat imukuppi ja silmukkaan päätyvä palloketju. Imukuppi painetaan luokan taululle ympyrän keskipisteeksi ja palloketju kiinnitetään imukupin kaulassa olevaan rakoon siten, että ympyrän säde tulee halutun pituiseksi. Liitu pannaan ketjun silmukkaan ja piirretään ympyrä pitämällä ketju tiukkana. Harpin etuna on, että se mahtuu mukavasti taskuun ja vapauttaa opettajan hankalan varsiharpin alituisesta kantamisesta.

6. Laite pyörähdyskappaleitten esittämiseksi

Pienen sähkömoottorin akselin ja telineen väliin asetetaan laitteita, jotka pyöriessään muodostavat

seuraavia kappaleita: pallo ja sen osat, kartio ja sylinteri. Litistymisrengaskoe. Esitys suoritetaan pimeässä luokassa siten, että rainakoneen valosuihku suunnataan laitteeseen. Asettamalla rakovarjostin rainakoneeseen saadaan valotason ja pyörähdyskappaleitten leikkauskuviot näkyviin valoisina käyrinä. Kartioleikkaukset.

MAT. MAANTIEDE JA TÄHTITIDE

1. Laite, joka näyttää miten maan kiertoliike vaikuttaa tuulen suuntaan

Laitteen muodostaa musta ympyrälevy, joka pannaan kiertämään pystysuoran akselin päähän. Levy kuvaa litistettyä maapalloa, jonka napa on keskipisteessä ja ekvaattori reunassa. Koe: Muoviputkeen, jonka pohjalla on lycopodiumjauhetta, pannaan metallipallo ja annetaan sen vierä putkesta eri suunnilta pyörivälle levyille. Pallo jättää levyille jäljet ja niistä todetaan, että pohjoisella pallonpuoliskolla tuulet kääntyvät oikealle. Antisykloonin tuulipyörre selittyy helposti. Koska tuuli saapuu matalan keskuksen oikealle puolelle, josta se ikäänkuin "putoaa kuoppaan", voidaan selittää tuulen suunta sykloonin kohdalla. Pasaatituulet.

Paitsi sitä, että laite hauskaasti havainnollistaa tuulen suuntaan liittyviä seikkoja, se panee ajattelemaan liikkeen suhteellisuutta. Pallon liike on käyräviivainen levyn suhteen, mutta suoraviivainen luokan suhteen.

2. Matalan keskusta kuvaava laite

Pystysuoran tangon terävälle kärjelle asetetaan kevyt siipiras. Sen alle asetetaan lämpölähde (spriilamppu, kynttilä). Ratas alkaa pyöriä ylöspäin suuntautuvan ilmavirran vaikutuksesta.

3. Laite vuorovesi-ilmiön selittämiseksi

Maata ja kuuta kuvaavat pallot ovat varren päässä, joka pyörii vaakasuorassa tasossa maan ja kuun yhteisen ajatellun painopisteen ympäri. Maata ympäröi herkästi liikkuvien sinisten helmien vyö, joka kuvaa maapallon vesialuetta. Oppilaat ymmärtävät ilman muuta, että vuoksi muodostuu kuun puoleiselle osalle maanpintaa vetovoiman seurauksesta, mutta sen muodostuminen vastakkaiselle puolelle on heidän vaikea käsittää. Asia selviää siten, että pyöräytetään laitetta, jolloin nähdään keskipakovoiman vaikutus. Tämän jälkeen voidaan ilmiöt selittää kuvioilla vetovoima- ja keskipakovoimavektoreitten avulla.

4. Taivaanpallo

Taivaanpallon malli on pystysuoran akselin (taivaan akselin) ympäri pyörivä, alumiiniympyröistä valmistettu pallomainen laite, jonka sisällä on käännettävä horisonttitaso. Aurinkona on pallo, jota voi siirtää ekliptikaympyrän eri kohtiin. Mallilla voi havainnollistaa päivän ja yön pituusvaihtelut, auringon nousun ja laskun horisontin eri kohdissa,

vuodenaikojen vaihtelut, seisaus- ja tasauspisteet ym.

5. Tähtitieteellinen malli

Aurinkona on sähkölamppu. Maan ja kuun kiinnitystangot ovat käännettäviä, joten näiden taivaankappalten kiertoliikkeet voidaan esittää. Myöskin voidaan näyttää vuodenaikojen riippuvuus maan akselin asennosta, samoin auringon ja kuun pimennykset. Malli vetoaa oppilaitten omatoimisuuteen, sillä heidän on itse mietittävä kiertoliikkeiden suunta, maan akselin asento jne.

KEMIA

1. Magneettinen taulu kemian opetuksen havainnollistamiseksi

Eri värisiä, ympyrän muotoisia levyjä (atomit) voidaan kiinnittää magn. nastoilla mustalle rautataululle joko suoraan tai siten, että nastat pannaan taulun taakse. Näin voidaan siis rakentaa eri aineiden molekyyliä. Nastoilla ilmaistaan alkuaineiden valenssit. Havainnollisesti voidaan esittää määrättyjen ja kerrannaisten painosuhteitten laki.

Atomien rakenne ja luonnollisen järjestelmän systeemi voidaan esittää siten, että taululle kiinnitetään (+) merkillä varustettu nastat protoniksi ja teräslangasta tehty ympyrä (-) merkisellä nastalla ensimmäiseksi elektronekiksi (H).

Sitten lisätään protonin viereen valkea nastat: deuterium sittäinen neutroni: tritium. Isotoopit. Näin voidaan jatkaa ja muodostaa siis uusia aineita lisäämällä protoneita ja elektroneja, jolloin periodisen järjestelmän systeemi tulee selväksi.

Erittäin havainnollisesti voidaan ympyrälevyillä ja teräslankaympyröillä esittää eri sidostyypit: ionisidos NaCl, kovalenttinen sidos Cl₂ ja H₂O sekä koordinaatiosidos SO₂. Hiilen allotroopp. muodot grafiitti ja timantti voidaan esittää helmien avulla.

Elektrolyysin selittämiseksi voidaan taululle kiinnittää elektrodit sekä näyttää ionien kulku ja purkautuminen elektrodeissa.

Laitteen käyttäjä havaitsee pian, että sen käyttömahdollisuudet ovat paljon suuremmat kuin mitä selosteessa voidaan esittää.

2. Vesimolekyylin rakennemalli

Malli on valmistettu läpinäkyvistä muovipalloista, joitten pintaan on upotettu pienempiä palloja kuvaamaan elektroneja. Keskellä palloja - elektronekiksi - on värikkäistä helmistä ytimit protoneineen ja neutroneineen. Mallista nähdään vetyjä happiatomi ja kovalenttinen sidostyyppi.

3. Räjähdykskaasutykki

Tykin putki täytetään räjähdyskaasulla ja suljetaan muovitulpalla. Putken päässä on sytytystulppa, joten kipinäinduktorin avulla voidaan järjestää laukaiseminen.

Räjähdyskaasumoottorin toimintaa voidaan valaista siten, että sivellään putken sisäpintaa bensiiniin kastetulla tukolla ja sitten toimitaan kuten edellä.

Liite 3. Laiteluettelo vuodelta 1974

ARVOISA KOLLEGA

Olkaa hyvä ja tutustukaa näihin selosteisiin, joista käy ilmi fysiikan opetusvälineitteni rakenne ja toiminta Useita näistä opetusvälineistä on palkittu Pariisin ja Brysselin uusien keksintöjen näyttelyissä ja minulla on ollut kunnia demonstraatioesitelmissä esitellä niitä monissa Pohjoismaiden matemaattisten aineiden opettajien kongresseissa suurissa kansainvälisissä uusien keksintöjen näyttelyissä. Näitä opetusvälineitä pyydän tilaamaan suoraan minulta. Toimitusaika on ollut noin 1-2 viikkoa.

Kunnioittaen

Aarre Saarnio

Lehtori, 21420 Lieto, puh. 921/777066.

MEKANIikka

1. Laite voimien riippumattoman vaikutuksen lain esittämiseksi

Palkittu hopeamitalilla Pariisissa 1954 ja Brysselissä v. 1955 kansainvälisissä uusien keksintöjen näyttelyissä. Patentoitu.

Laite on eräänlainen "nuolipyssy". Siinä on pöytään kiinnitettävä pystylevy, jonka yläosassa on sähkömagneetti ja uloke. Ulokkeeseen on kiinnitetty kumilanka, jonka päässä on nuoli. Laitteen takaosasta ulottuu sähköjohto n. 3 m:n päähän ja se päättyy nipistimeen, joka toimii virran katkaisijana. Virtalähteenä on litteä taskulampun patteri. Koe: Nuolen metallinen pyrstölanka pannaan nipistimenleukojen väliin. Silloin virta sulkeutuu ja sähkömagneetti muuttuu magneettiseksi. Maalitaulu, jonka keskellä on ohut rautaosa, kiinnitetään sähkömagneettiin. Nyt vedetään nipistimestä kunnes kumilanka venyy n. kaksinkertaiseksi. Kun nipistin avataan lähtee nuoli lentoon ja samalla hetkellä maalitaulu irtoaa. Nuoli tavoittaa putoavan maalitaulun nautaten sen alustalevyille. Tämä erinomaisen hauska koe osoittaa, että nuolikin, huolimatta kumilangan aiheuttamasta liikkeestä, putoaa "vapaasti". Koska nuolen kaltevuuskulma saa olla mielivaltainen, päästään tästä kokeesta luontevasti vinon heittoliikkeen komponenttitulkintaan. Tästä laitteesta on hylätty entinen mekaaninen laukausysteemi ja osumatarkkuus on saatu hyvin varmaksi. Lisäksi laite on yksinkertaistunut.

2. Ilmatyynyllä toimiva suora liukurata lisälaitteineen

Liukuratana on kulmaputki, jonka yläsärmän kahden puolen on porattu tiheät reikärivit. Putki kytketään tavallisen pölynimurin *puhallusaukkoon*. Putken toinen pää on suljettu tulpalla, joten ilma viitaa reikien läpi. Putkelle asetetaan kappaleita, jotka liukuvat erittäin herkästi niitten alle jäävän ilmatyynyn kannattamina. Liikettä vastustavat voimat ovat siis erittäin vähäiset ja sen takia

laitteen käyttö on hyvin monipuolinen ja tulostarkkuus hyvä.

1. *Tasainen liike.* Perustanko asetetaan Vaakasuuraksi toteamalla, että sen päälle pantu liukuja pysyy paikallaan. Erotetaan kolmella merkillä kaksi peräkkäistä matkaa. Liukuja sysätään liikkeelle ja mitataan matkoihin kuluvat ajat kahdella kellolla. Todetaan, että matkat ja ajat ovat suoraan verrannolliset.

2. *Tasaisesti kiihtyvä liike.* Annetaan liukuradalle pieni kaltevuus, jolloin liukuja joutuu hitaaseen liikkeeseen. Mitataan radan alemmasta puskurista kaksi matkaa ja liukujan niihin kuluttamat ajat. Todetaan, että matkat suhtautuvat kuten aikojen neliöt. Siitä kaavat.

Koe voidaan tehdä myös siten, että *vaakasuuran* liukuradan tulppaan kiinnitetään väkipyörä. Liukujaan sidottu lanka pannaan väkipyörän yli ja kuormitetaan pienellä rengaspainolla. Liike todetaan tasaisesti kiihtyväksi kuten edellä. Liikkeen nopeutta voidaan tutkia siten, että painon vaikutus poistetaan halutulta korkeudelta antamalla sen pudota jollekin levyille, jolloin liukujan liike jatkuu tasaisena.

3. *Jatkuvuuden laki.* Pitemmän liukujan harjakouruun asetetaan teräskuula ja tarkastellaan sen käyttäytymistä kun liukuja pannaan liikkeeseen tai liike pysäytetään.

4. *Reaktiolaki.* Kaksi liukujaa, joilla on yhtäsuuret massat asetetaan *keskelle* liukurataa. Toinen liukuja varustetaan jousipuskurilla. Liukujat painetaan toisiaan vasten siten, että niitten välissä oleva jousi puristuu kokoon. Tämä tila lukitaan siten, että teippiliuska painetaan liukujien putkien pintaan. Odotetaan kunnes puristus irroittaa teipin. Silloin *molemmat* liukujat potkaisevat toisensa liikkeelle. Voimien yhtäsuuruus voidaan todeta siitä, että liukujat kohtaavat yhtäaikaan radan päätepuskurit. Radan täytyy tietysti olla vaakasuurassa.

5. $F = ma$. Vaakasuurassa liukuradan tulppaan kiinnitetään väkipyörä. Liukujan keskelle

kiinnitetään nipistimellä varustettu puikko, johon asetetaan rengaspainoja. Liukujasta väkipyörän yli kulkeva lanka kuormitetaan yhdellä renkaalla. *Systeemin massa pidetään vakiona* muuttamalla voimaa siten, että liukujan päältä siirretään renkaita liikettä antavaksi voimaksi. Valitaan radalta matka, joka pidetään samana näissä eri koevaiheissa. Mitataan tähän matkaan kuluvat ajat, lasketaan kiihtyvyydet ja todetaan, että *voimat ja kiihtyvyydet ovat suoraan verrannolliset*. Sitten pidetään voima vakiona (yksi rengas). Mitataan yhden liukujan aika, sitten pannaan liukujan eteen toinen, jolloin massa muuttuu esim. kaksinkertaiseksi. Todetaan mittauksilla ja laskuilla, että *kiihtyvyydet ja massat ovat kääntäen verrannolliset*. Kootaan tulokset kaavaksi.

6. *Kimmoisen lyönti*. Liukujien päihin painetaan jousipuskurit ja annetaan niitten törmätä toisiaan vasten. Olkoot liukujien massat ensin yhtä suuret. Todetaan, että liikkuva liukuja antaa työssä lepotilassa olevalle liukujalle koko liikemääränsä pysähtyen itse. Toinen saa edellisen nopeuden. Sitten kevyemmän liukujan lyönti raskaampaan ja toteamus, että liukujat liikkuvat työn jälkeen vastakkaisiin suuntiin. Sitten raskaamman lyönti kevyempään ja havainnot.

Kimmoton työnti. Kahdelle liukujalle laitetaan muoviluvahasta esim. spiraalin muotoiset puskurit. Työssä ne painuvat kokoon ja molemmat liukujat kulkevat samaan suuntaan. Jos tilanne on sama kuin kimmoisen työn ensimmäisessä kokeessa, todetaan, että työn jälkeen on nopeus puolet puskijan nopeudesta. Näissä kokeissa on vaikea suorittaa tarkkoja ajanmittauksia, mutta nämä havainnot auttavat oppilaita ratkaisevasti, kun johdetaan lyönin kaavat.

7. *Liikemäärän säilymisen laki*. Tämä kaava todetaan jo kokeessa 4 yhtä suurilla massoilla. Tehdään vastaava koe massoilla 1 ja 2. Teipillä lukittu systeemi asetetaan niin, että massan 1 matka päätepuskurille on kaksi kertaa massan 2 matka. Jotta lukittu systeemi ei liikkuisi laitetaan radalle massojen valikoiltaan joku este.

8. *Painopisteen riippumattomuus kappaleen sisäisistä voimista*. Keskelle liukujaa painetaan poikittainen kynnys ja sen varaan asetetaan kaksoisheiluri. Heilurin varressa oleva loistevärillä päällystetty levy asetetaan osoittamaan systeemin painopistettä. Ennen koetta valaistetaan levyä voimakkaasti, jotta se näkyisi selvästi pimeässä luokassa. Nyt pannaan liukuja heilureineen "loikkimaan" pitkin rataa. Valot sammutetaan ja todetaan, että *painopiste ei loiki, vaan etenee tasaisesti tai kiihtyvästi* riippuen radan asennosta. Koe on erinomaisen hieno.

9. *Pot.energian muuttuminen liike-energiaksi*. Liukurata vaakasuuraksi. Lyhyempään liukujaan kiinnitetään rihma. Se viedään väkipyörän yli ja sen päähän pannaan paino p (esim. 10 g). Kun liukuja koskettaa alkupuskuria, olkoon painon etäisyys lattiasta h (20-30 cm). Systeemin

pot.energia on siis $p \cdot h$ pondia \times cm. Kun nyt liukuja päästetään liikkeelle, voima p kuljettaa sitä matkan h , jonka jälkeen se jatkaa liikettään tasaisella nopeudella v , joka mitataan Liikkuva systeemi punnitaan. Sen paino (liukujan ja kuljettajanyhteispaino) olkoon $= k$. Siis systeemin massa $m = k/g$.

$W_1 = p \cdot h$ ja $W_2 = 1/2 m v^2$. Todetaan $W_1 = W_2$

10. *Reaktiolaki*. Liukujan alapuolella on keverrus, joka muodostaa kammion ja poistoaukon. Kun liukuja on radalla, täyttää ilma kammion ja työntyy ulos poistoaukosta. Reaktiovaikutus pistää liukujan liikkeeseen vaakasuuralla radalla.

11. *Ilman vastus ja kappaleen muoto*. Keskelle liukujaa painetaan puikko ja siihen kiinnitetään erimuotoisia vastuskappaleita. Annetaan niitten liukua hieman kaltevalla radalla vastatuuleen, joka synnytetään toisella pölynimurilla tai tukankuivaajalla ja merkitään muistiin kohdat, joihin erikappaleet pysähtyvät. Todetaan muodon vaikutus ilmastukseen.

12. *Harmooninen värähdysliike*. Lyhyemmän liukujan keskelle kiinnitetään pienellä renkaalla varustettu nipistin, jonka läpi pannaan $n \cdot 3$ dm:n pituinen teräslanka. Langan toinen pää kiinnitetään statiivilla tai jollakin muulla tavalla liikkumattomaksi. Teräslangan täytyy päästä vapaasti liukumaan silmukassa. Mitataan esim. 10 heilahduksen aika. Sitten lisätään massaa liittämällä lisäliukuja teipin avulla systeemiin. Todetaan, että *heilahdusajat ovat suoraan verrannolliset massojen neliöjuuriin*.

13. *Ilmanpaineen ja sen osien dynaamisen ja staattisen paineen vaikutus*. Bernoullin lain sovellutus. Liukujaan kiinnitetään kevyt aluminisiiveke siten, että sen rako painetaan liukujan "kaulaan". Ilmasuihkut "pyyhkivät" siivekkeen kuperia pintoja jakaen ilmanpaineen mainittuihin komponentteihin. Siivekkeiden takana olevan kokonaispaineen ja edessä olevan staattisen paineen erotus painaa liukujan tas. kiihtyvään liikkeeseen.

14. Kaltevan tason kokeet

15. g :n arvo. Rata asetetaan loivaksi kaltevaksi tasoksi, jonka pituus olkoon s ja korkeus h . Olkoon liukujan matkasta ja ajasta laskettu kiihtyvyys a . Saadaan $g : a = s : h$

3. Tasapainolaite

Hopeamitali Pariisissa 1955.

Kääntönivelillä varustetun tangon molemmissa päissä on yhtä raskaat levyt siten että nivelpallot sattuvat niitten painopisteisiin. Levyjen asennosta riippumatta laitteen painopiste pysyy sen keskipisteessä. Siitä riippuu ketju. Laite asetetaan pöydälle siten, että toinen levyistä muodostaa tukipinnan. Muuttamalla tangon kaltevuutta nähdään, että laite pysyy tasapainossa vain, jos ketju tai sen jatke kohtaa tukipinnan.

4. Laite, joka osoittaa, että kappaleen painopiste on riippumaton kappaleen sisäisistä voimista

Vermeil-mitali Pariisissa 1956.

Laitteen muodostaa kaksi levyä, joista toinen liukuu toisen päällä jousen tai kumilangan vetämänä. Levyjen päällä on toisiinsa nojaavat, metallilangasta tehdyt harjat, joiden leikkauspiste aina näyttää systeemin painopisteen paikan. Leikkauspisteen liikettä seuraa värikäs helmi, joten luokka näkee painopisteen kohdan. Laite viritetään ja suljetaan metallipuikolla ja asetetaan kahden rullan päälle. Erillinen liikkumaton osoitin asetetaan helmen yläpuolelle. Sulkupuikko nykäistään pois, jolloin koko systeemi liikkuu, *mutta painopiste pysyy liikkumatta osoittimen kohdalla.* (Vertailu: mies liikkuu veneessä, vene liikkuu vastaan jne.)

5. Sähkömoottorin akseliin kiinnitettäviä monia koevälineitä

Tämän laitteiston välineillä voi tehdä useita keskeisiä kokeita mekaniikan, aaltoliikeopin, akustiikan ja optiikan alalta. Siihen kuuluu vaihtovirtamoottori, joka kytketään suoraan valoverkkoon. Lisäksi siihen kuuluvat kaikki välineet seuraavia kokeita varten:

1. *Keskeisliike ja kaava* $m \cdot r = m_1 \cdot r_1$ Kaksi massaa m ja m_1 on kiinnitetty metallitangon päihin. Niitten välissä on helmi osoittamassa laitteen painopistettä. Tämä todetaan ripustamalla laite helmen rihmasta, jolloin laitteen täytyy pysyä vaakasuorassa asennossa. Siis $m \cdot r = m_1 \cdot r_1$. Tämän jälkeen pannaan laite metallikehykseen siten, että tanko pääsee liukumaan kehyksessä. Kehys kiinnitetään moottorin akseliin. Kun laite pannaan pyörimään, todetaan, että massoihin vaikuttavat keskipakovoimat ovat yhtäsuuret vain, jos painopistehelmi on moottorin akselin jatkeella, jolloin siis momenttilaki on voimassa.

2. *Ratatangentti.* Akseliin kiinnitetään ympyrän muotoinen smirgelilevy. Kun pyörivää levyä vasten painetaan teräslanka, nähdään kipinöitten lentävän "tuliympyrän" tangentin suunnassa. Koe tehdään hämärässä luokassa.

3. *Sentrifugi.* Akseliin kiinnitetään sylinterin muotoinen muoviastia, jonka vaipassa on reikiä. Astiaan pannaan märkä kangastilkku. Kun astia on hetkisen pyörinyt, otetaan tilkku pois ja todetaan melkein kuivaksi.

4. *Keskipakoketjut.* Akseliin kiinnitetään ympyrälevy, jonka reunaan painetaan metalliketjusilmukka. Pyörivästä levystä ohjataan ketju pois esim. kynällä tai jollakin puikolla ja nähdään kuinka ketju vierii yli pöydän kuin jäykkä vanne.

5. *Äänisireeni.* Äskeinen levy on samalla akustinen sireeni, jossa on viisi ympyrää. Ensimmäisessä ympyrässä on 4, sitten 5, 6 ja 8 reikää. Letkulla puhalletaan ilmavirta reikäriveihin ja kuullaan duurikolmisointu ja oktaavi.

6. *a:n värähdysluvun määrääminen.* Viidennessä reikärivissä on 10 reikää ja se antaa ksiviiivaisen a:n, joka todetaan ääniraudan tai a-pillin avulla. Sireenilevy poistetaan ja akseliin kiinnitetään muovirulla, jonka kouruun pannaan kumilankasilmukka. Joka kerta, kun silmukan liitoskohta kulkee akselin yli, kuuluu napsahdus. Lasketaan silmukan 50 kierrokseen kuluva aika. pyörittämällä rullaa saadaan selville montako akselin kierrosta yksisilmukan kierros vastaa ja sitten lasketaan värähdysluku.

7. *Värikiekot.* Akseliin kiinnitetään värikiekkot, jonka sektorit muodostavat kirjon. Levy pannaan pyörimään ja todetaan näitten värikomponenttien yhtymisestä saatu tulos. Vastaava koe tehdään kiekolla, jossa on kaksi komplementtiväriä.

8. *Seisova aaltoliike.* Akseliin painetaan muovitulppa, johon on epäkeskeisesti kiinnitetty kumilanka. Kumilanka pingoitetaan akselin suunnassa ja moottori pannaan käyntiin. Tällöin syntyy erittäin selvä seisova poikittainen aaltoliike. Koska se on kolmiulotteinen, päästään luontevasti polarisaatiokäsitteeseen siten, että asetetaan toinen käsi hilaksi. Annetaan langan värähdellä käden sormien välitse ja todetaan aaltoliikkeen tasoutuneen. Toisella kohtisuoralla raolla voidaan aaltoliike sammuttaa.

9. *Värähtelevä sauva.* Akselin päähän painetaan epäkeskeinen muovitulppa. Puuliuskan pää painetaan tulppaa vasten ja annetaan sen hitaasti liukua pitkin tulpan seinämää. Resonanssikohdissa joutuu liuska seisovaan aaltoliikkeeseen.

10. *Litistytävä rengas.* Metalliakselin varassa on jousesta tehty ja hyvin näkyvällä muovilla päällystetty ympyrä rengas, jonka alapää on akselissa kiinni, mutta yläpää liukuva. Renkaan akseli kiinnitetään moottorin akselin jatkeeksi ja kädellä pidetään kiinni akselin vapaasta päästä. Moottori pannaan käyntiin ja nähdään pallo, joka vähitellen litistyy navoiltaan.

6. Keskipakoputki

Noin puolen metrin pituisessa akryyliputkessa on vettä kevyempiä valkoisia ja raskaampia punaisia helmiä. Putki täytetään vedellä ja nostetaan pystyasentoon, jolloin helmet asettuvat putken pohjalle ja veden pinnalle. Nyt tartutaan putken alapäähän, käännetään vaakasuoraan asentoon ja heilutetaan suuressa kaaressa tässä tasossa. Helmet vaihtavat paikkaa. Oppilaille tuottaa suurta päänvaivaa, miksi valkoiset helmet tulevat käden kohdalle. Opettajan viittaus siihen, että putkessa on myös kolmantena ryhmänä "vesihelmet", selittää ilmiön.

7. Keskipakosilmukka

Teräspallo tekee "surmansilmukan" telineessä, joka on tehty aluminikiskosta.

8. Laite, joka saa liike-energiansa haihtumisesta ja säteilystä

Laitteen muodostaa kaksi lasipalloa, joita lasiputki yhdistää. Laitteessa on värillistä nestettä, joka jakaa tilan kahdeksi erilliseksi kammioksi. Putken keskellä on akseli ja sen varassa laite pääsee keinumaa kahden akrylikannattimen päällä. Pienetkin lämpötilaerot palloissa saavat laitteen voimakkaaseen keinumaa.

Haihtuminen. Yläpallon pintaan kiinnitetään imupaperi tai kangasliuska ja se kostutetaan sprillä. Haihtuminen alentaa pallon lämpötilaa ja siinä olevan ilman painetta, jolloin alemman pallon paine kohottaa nestettä putkessa. Tasapaino häiriintyy, laite alkaa kallistua ja alkaa hetken päästä heilahdella. Liikeperiodin aikaa voidaan pitää haihtumisen mittana ja näin saadaan mahdollisuus eri nesteiden haihtumisen vertailemiseksi. Todetaan myös ilmavirran vaikutus haihtumiseen.

Säteily. Alempi pallo peitetään ohuella, kirkaalla aluminifoliolla ja hehkulamppu asetetaan n. 10-20 cm päähän pallosta. Todetaan ettei säteilyllä ole sanottavaa vaikutusta laitteeseen. Sitten vaihdetaan kirkas aluminiverho himmeän mustaan ja tehdään sama koe. Lämpösäteet kohottavat pallon lämpötilan ja laite alkaa nopeasti toimia.

9. Gyrohyrrä

Hyrrän on kiinnitetty taskulampun paristolla toimivaan sähkömoottorin akseliin. Lisälaitteina on alusta, jonka pystysuoran tangon päähän hyrrä voidaan asetetaan.

10. Momenttilevy

Ympyrälevy, jonka toisen puolen peittää ohut rautalevy, liikkuu vaakasuoran akselin varassa telineeltä. Painoina käytetään viittä magneettia, joita asetetaan levyn rautapinnalle eri paikkoihin. Irrallisen asteikon avulla mitataan voimavektoreitten kohtisuorat etäisyydet levyn keskipisteestä. Todetaan momenttisääntö ensin kahden voiman avulla, sitten useamman. Kokeen käyttö on hyvin mukava, koska eri tilanteita voi vaihtaa nopeasti eikä tarvita lankoihin ripustettuja punnuksia ja väkipyöriä kuten aikaisemmassa mallissa.

11. Pudotin g:n arvon määrittämiseksi levysoittimen avulla

Putoamisajan määrittämiseksi tarvitaan levysoitin, mieluummin sellainen, jossa on kierros-luku 78/60 s. Kaikki muut välineet ovat laitteistossa. Koe: soittimen lautaselle asetetaan kalkkeeripaperilla päällystetty ja pienellä ulkonemalla varustettu levy. Sen päälle pannaan napakoordinaattipaperista tehty astelevy siten, että astelevyjä kalkkeeripaperi joutuvat vastakkain. Levysoitin asetetaan lattialle ja sen yläpuolelle pöydän reunaan kiinnitetään varrellinen sähkömagneetti, johon kytketään taskulampun

patteri. Johtimessa on porttia muistuttava katkaisin. Kun sen metalliliuska nojaa "portinpieleeseen", on virta suljettu, muutoin avoin.

Levysoitin siirretään siten, että magneetista riippuva laakerikuula sattuu pudotessaan levyn reunaan. Soittimen reunaan piirretään säteittäinen viiva ja tarkalleen sen kohdalle asetetaan levyn ulkonema. Nyt annetaan kuulan pudota, jolloin se iskee astelevylle selvän kalkkeerimerkin A. Sitten pannaan levy pyörimään ja virta katkaistaan siten, että portin liuska tarkalleen seuraa piirrettyä viivaa, kunnes levyn ulkonema iskee portin auki. Kuula putoaa ja saadaan toinen merkki astelevylle. Olkoon se B. Kaaren AB asteluku mitataan oikeassa suunnassa. Kun kierros-luku tunnetaan, voidaan kaaren AB kulunut aika, siis putoamis-aika, laskea ja kun matka tiedetään, lasketaan näistä suureista g. Kokeen suoritus on nopea ja g:n arvo saadaan kolmen merkitsevän numeron tarkkuudella.

Astelevyä voi käyttää jatkuvasti, sillä se on päällystetty läpinäkyvällä muovilla ja edellisen kokeen merkit voidaan pyyhkiä sormella pois.

Koe voidaan laajentaa mukavasti ryhmätyöksi siten, että astelevy pannaan paperipinnan päälle ja esim. neulalla merkitään keskipiste ja kalkkeerimerkit. Paperit jaetaan oppilasryhmille mittaamista ja laskemista varten. Koe on myös sopiva laskuviivaimen käytön harjoittelun kannalta.

12. Koevälineistö piirtoheittimeen

Välineistöön kuuluu läpinäkyviä muoviastioita, joita asetetaan piirtoheittimen valotasolle. Niistä saadaan pohjan projektio varjostimelle. Akryylilevyistä ja metallikehyksistä voidaan koota astioita, joita projisoidaan peilisysteemin avulla sivusuunnassa. Lisäksi kuuluu laitteistoon interferenssilevyt, polarisaatiokalvot ja kaksi magneettia.

Kokeita, joissa valo läpäisee astian pohjan:

1. Havaintomalli aineen olomuodoista. Valotasolle asetetaan akryylilevy, jonka säännöllisissä välimatkoissa oleviin kuoppiin pannaan kuhunkin helmi. Levyä liikutellaan, jolloin helmet värähtelevät ja antavat havainnollisen kuvan kiinteän kappaleen rakenteesta. Lämpötila ja molekyyli-liike. Kun liikutetaan alustaa niin nopeasti, että helmet irtoavat kuopistaan, saadaan havaintokuva sulamisesta. Kaadetaan helmet astiaan ja havainnollistetaan nesteen rakenne.

2. *Magneettiset kentät.* Valotasolle asetetaan läpinäkyvä kotelo, jossa on lyhyitä rautalangan palasia. Välineistöön kuuluvilla kahdella magneetilla muodostetaan magn. kentät.

3. *Sähköstaattiset kentät* muodostetaan astioilla, joissa on influenssikoneeseen tai hihnageneraattoriin kytkettävät elektrodit. Astioihin kaadetaan ohut kerros risiiniöljyä ja ripotellaan manna-suurimoita. Ne asettuvat kentän

voimaviivoja myöten ja näyttävät kentän rakenteen.

4. *Elektrolyysi.* Kuparielektrodeilla varusteluun astiaan kaadetaan ohut vesikerros. Virtalähteeksi riittää 4,5 V:n taskulampun paristo. Astian keskelle elektrodien väliin pudotetaan KMnO_4 kide. Nähdään kuinka MnO_4^- ionit violettisena vyönä kulkevat kohti anodia.

5. *Interferenssilevyt* muodostuvat kahdesta kalvosta, joihin on piirretty samankeskisiä ympyröitä. Kun ne asetetaan valotasolle päällekkäin nähdään kahden ympyräaaltoalueen interferenssijuovat

6. Polarisaatiokalvoilla menetellään kuten edellä. Kiertämällä toista kalvoa saadaan valoläikkä kirkastumaan ja sammumaan. Kun kirkas muovilevy esim. viivotin asetetaan polarilevyjen väliin ja etsitään sopivat kulmat, saadaan loistavia värikuvioita varjostimelle. Tämä koe on näyttävin diakoneella.

Kokeita, jossa valo läpäisee astian sivun:

Piirtoheittimen valoalustalle pannaan akryylilevy, jonka ikkunan kohdalle asetetaan peili "katoksi". Siitä heijastuva valosuihku ohjataan vaakasuorassa suunnassa toiseen peiliin, joka kääntää valon piirtoheittimen linssisysteemiin. Peilien väliin pannaan läpivalaisuastia.

1. *Diffuusio.* Läpivalaisuastiaan kaadetaan vettä ja siihen pudotetaan pari KMnO_4 kidettä ja seurataan niiden liukenemistä.

2. *Kapillaari-ilmio.* Astia kootaan siten, että solukumiliuskalla erotetaan kapea tila astian solukumiseinän viereen. Kokeillaan vedellä tai spriillä ja elohopealla. Reunakulmat. Kokeillaan myös kapealla kahden levyn kiilalla.

3. *Yhtyvät astiat* kootaan kuten edellä. Sivuliuskalla erotetaan vain suurempi tila.

4. *Pintajännitys.* Veden ja spriin sopivaan seokseen pudotetaan öljypisaroita. Jollakin puikolla hieman auttamalla saadaan ne yhtymään suureksi palloksi. (Plateauin pisara)

5. *Veden elektrolyysi.* Kootaan astia, jossa on hiilielektrodit ja koe tehdään tunnetulla tavalla.

6. *Lyijypuu.* Astian pohjalle laitetaan lyijykierukka anodiksi ja katodiksi painetaan astian seinien väliin teräväkärkinen lyijyliuska. Laimea lyijyasetaattiliuos on elektrolyyttinä.

Laitteiston käyttäjä huomaa pian, että kokeet eivät suinkaan rajoitu edellämainittuihin, vaan se tarjoaa mahdollisuuden paljon monipuolisempaan käyttöön.

13. Kääntöheiluri g:n arvon määrittämiseksi

Koeselostus seuraa tilausta. Heilurin tarpeelliset suureet määrätään graafisesti. Oppitunnin puitteissa g:n arvon määrittäminen tällä laitteella on liian hidasta, mutta fysiikan kerhon välineenä kääntöheiluri on erittäin sopiva.

14. Resonanssiheilurit

Kaksi "yhteneväistä" heiluria riippuu telineessä ja niitä yhdistää punnuksella kuormitettu lankasilta. Toinen heiluri pannaan heilahtelemaan. Sen energia siirtyy annoksittain toiseen heiluriin ja pian edellinen heiluri pysähtyy. Sitten palautuu energia edelliseen heiluriin jne.

15. Raide ja kuusi teräspalloa

Koe: Raiteelle laitetaan pallorivi ja sitten annetaan ensimmäisen pallon iskeä riviä. Todetaan rivin viimeisen pallon irtoavan. Sitten sama koe kahden pallon iskulla jne. Työnti, äänen eteneminen, energian siirtyminen.

16. Vinon heittoliikkeen malli

Uurteella varustettu metallitanko voidaan kääntää taustalevyä vasten haluttuun kulmaan. Uurteessa on teräsvieteri ja sen kierteissä riippuu yhtäpitkien välimatkojen (alkunopeus) päässä ketjuja osoittamassa vapaan putoamisliikkeen matkoja. Näitten riippuvien ketjujen päissä on värikkäät helmet esittämässä lentorataa. Kaltevuuskulmaa voidaan siis vaihtaa. Alkunopeutta voidaan muuttaa venyttämällä vieteri halutun pituiseksi ja siten voidaan tarkastella näitten muutosten vaikutusta lentorataan. Todetaan sama heittoväli komplementtikulmissa.

17. Kalteva taso, ruuvi ja potkuri

Mekaaninen malli. Kalteva taso kierretään sylinterin ympärille. Potkuri muodostetaan lisäksiivekkeillä.

18. Kaksoiskartio ja kalteva taso

Kaksoiskartio näyttää nousevan pitkin kaltevaa tasoa, joka on tehty kahdesta V-kirjaimen muotoon kiinnitetystä metallikiskosta. Mittauksella korjataan tämä hämmästyttävä näköharha.

19. Maxwellin ratas

Pot.energian muuttuminen liike-energiaksi ja päinvastoin.

20. Laitte väliaineen vastuksen kaavan toteamiseksi

Sauvan renkaan varaan asetetaan ohuesta silkkipaperista tehty kartio. Se nostetaan likelle luokan kattoa ja kun sauva temmataan äkkiä alta pois, joutuu kartio pian tasaiseen liikkeeseen, jolloin väliaineen vastus = kartion paino. Mitataan kartion putoamis aika tietystä kohdasta lattiaan. Sitten pannaan 4 kartiota sisäkkäin ja suoritetaan sama koe ja mittaus. Sitten 9 kartiolla. Todetaan, että vastus on suoraan verrannollinen nopeuden neliöön. Sama koe tehdään suuremmalla kartiolla ja todetaan, että saadaan sama nopeus kuin pienemmällä. Hartioitten pohjien alat ovat suoraan verrannolliset paperimääriin, siis kartioitten painoihin eli siis väliaineen vastuksiin.

21. Mekaaninen havaintomalli aineen eri olomuodoista

Kiinteä kappale: Aluslevyllä on säännöllisten välimatkojen päässä kuoppia, joissa on värikäs helmi. Kun alustaa ravistetaan, liikkuvat helmet kuopissaan antaen havainnollisen kuvan molekyylien värähtelystä. Lämpötila ja liike, abs. 0-piste. Lisätty liike-energia nostaa helmet kuopistaan (sulamispiste ja s. lämpö) ja nyt alkaa helmien epäsäännöllinen liike. *Neste.* Lisätään havainnollisuutta siten, että alustan kuopat peitetään tasaisella levyllä, jonka poikki pingoitetaan kumilanka. Helmet pannaan langan toiselle puolelle. Nyt törmäävät helmet toisiinsa ja astian seiniin (paine) sekä pommittavat kumilankaa (= pintajännitys). Nopeimmat helmet hyppäävät kumilankaesteen yli (haihtuminen) ja viimein ne voittavat joukolla esteen (kiehumisen). Kun kumilanka poistetaan saadaan havaintokuva kaasusta suljetussa astiassa.

22. Arkimedeen sylinterit

Laitteen muodostaa kaksi sylinteriä, ontto ja umpinainen, joka tarkalleen täyttää onton sylinterin tilan. Umpinainen sylinteri ripustetaan sylinteriastian alle ja koko systeemi herkkään vieterivaakaan. Sitten alempi sylinteri upotetaan nesteeseen ja todetaan noste. Kun sitten ylempi sylinteri täytetään nesteellä, todetaan Arkimedeen laki.

23. Pintajännitysvaaka

Laitteen herkkään jouseen on ripustettu ohut metallirengas. Jousen pään paikkaa tarkkailaan laitteessa olevasta asteikosta. Nesteeseen pintajännitysvakio määrätään seuraavasti: Neste kaadetaan matalaan maljaan ja sitä kohotetaan kunnes rengas koskettaa nesteeseen pintaa. Sitten vedetään maljaa hitaasti alaspäin kunnes rengas äkkiä irtaantuu nesteeseen pinnasta. Jousen kohta asteikolla merkitään muistiin. Sitten asetetaan renkaan alustalle punnuksia kunnes jousi osoittaa äskeistä irtautumiskohtaa. Pintajännitys saadaan jakamalla voima renkaan kehän kaksinkertaisella pituudella. Vaaka antaa hyviä arvoja ja on hyvin sopiva oppilastöihin.

24. Painerasia ja manometri

Metallitankoon on kiinnitetty käännettävä, kumikalvolla varustettu rasia, joka letkulla kytketään mikromanometriin. Rasia upotetaan veteen ja todetaan paineen riippuvuus syvyydestä. Nyt voidaan käännellä astia akselinsa ympäri, jolloin nähdään, että paine on riippumaton painepinnan suunnasta.

25. Hydraulisen puristimen malli

Laitteessa on kaksi levyä ja niiden välissä kumipussi. Puhaltamalla ilmaa kumipussiin (letku vastaa pienempää mäntää) saadaan ylälevylle asetettu 20-30 kg paino nousemaan.

26. Cartesiuksen sukeltaja ja siihen kuuluva astia

On vahinko, että tämä hieno koe on jäänyt unohtuksiin. Astia täytetään vedellä ja sen pinnalle asetetaan värikäs pallo, joka on kuormitettu siten, että se juuri ja juuri kelluu siinä. Asua suljetaan kumikannella. Kun kantta painaa, paine leviää nesteessä, joka työntyy pallon avoimesta alaputkesta palloon. Systeemi tulee siis raskaammaksi ja pallo painuu pohjaan. Kumikannessa on uloke, josta voidaan vetää kantta ulospäin ja näin siis pienentää nesteen painetta. Näin voidaan järjestää pallo mihin kohtaan hyvänsä astiassa. Harva koe osoittanee ulkoisen paineen leviämistä nesteessä paremmin kuin tämä.

27. Pintajännitysuumuri

Uimurissa on muovipallo, jonka yläosassa on varren päässä ympyrän muotoinen verkko. Pallo painetaan vedenpinnan alle siten, että verkko koskettaa vettä. Uimuri jää upotettuun asentoon veden pintajännityksen pitämänä, mutta kun pienennetään pintajännitystä parilla pisaralla spriiä tai koskettamalla saippuaisella sormella veden pintaa, ponnahtaa uimuri ylös ja jää kellumaan pallon varassa.

28. Yhtyvät astiat nesteiden ominaispainon määrittämiseksi

Laitteessa on läpinäkyvä muoviputki, joka on kiinnitetty mm-asteikolla varustettuun tukialustaan. Toisessa astiassa on vettä, toisessa nestettä, jonka ominaispaino on määrättävä. Laitteeseen kuuluu lisäksi ohuella kumiletkulla varustettu kumipallo. Letku pujotetaan muoviputkeen ja palloa puristamalla saatetaan nestepatsaat nousemaan sopivan korkuiseksi. Sen jälkeen vedetään imupallon letku pois putkesta ja suoritetaan tarpeelliset mittaukset ja laskut. Laite on myös erittäin sopiva oppilastöihin.

29. Laite Boyle-Mariotten lain esittämiseksi

B-M:n laki. Kokeiluvälineenä on n. 80 cm pituinen umpinainen lasiputki, jonka toisessa päässä on elohopeaa ja toisessa harvennettua ilmaa. (Putkeen kuuluu suojakoielo.) Kun putki nostetaan pystyyn siten, että elohopeapatsas jää yläpuolelle, painuu elohopea alaspäin ja puristaa ilmapatsasta. Elohopean yläpuolelle jää tyhjiö. Kallistamalla putkea huomataan, että ilmapatsaan yläraja (siis Hg:n alaraja) pysyy samalla vaakasuoralla tasolla. Koe suoritetaan parhaiten luokan valoisaa ikkunaa vasten, johon laitteeseen kuuluvilla imukupeilla ja kumilangalla pingoitetaan kysymyksessä oleva vaakasuora. Piirretään taululle kuvio ja johdetaan yhdenmuotoisista kolmioista B-M:n laki. Ennen koetta on katsottava, että elohopeapatsas on yhtenäinen. Jos siinä on katkoja, saadaan ne pois varovaisesti koputtelemalla, tai sivelemällä putkea spriihin kostutetulla kangaspalalla.

Laitteen suurin etu on siinä, että ulkoilman paine on eliminoitu. Koe on nopea ja selvä.

Kaasun lämpölaaj. Kerroin määrätään siten, että putken ilmaosa upotetaan 0-asteiseen veteen ja siten t-asteiseen veteen. Ilmapatsaan tilavuuslukemat olkoon V ja V_t .

$$q = \frac{vV_t - V}{V \cdot t}$$

30. Venttuuriputki Bernoullin lain selittämiseksi

Laitteen pääosana on muoviputki, joka on keskikohdalta litistetty. Tämä kohta on läpinäkyvällä muoviletkulla yhdistetty putken toiseen kohtaan. Letkun mutkaan pannaan musteella värjättyä spriitä. Nämä laitteet on kiinnitetty alusta- ja taustalevyyn siten, että luokka selvästi näkee spriipatsaan liikkeitä. Pölynimurilla järjestetään ilmavirta venttuuriputkeen (puhallus tai imu) ja todetaan, että mustepatsas nousee kavennuksen kohdalla, jossa ilmavirran nopeus on suurin ja siis putken seiniin kohdistuva staattinen paine pienin.

31. Laitteita Bernoullin lain havainnollistamiseksi

Laitteistoon kuuluu muovikuppi, jonka pohjassa on reikä. Kuppiin pannaan muovipallo ja sitten painetaan kupin pohja pölynimurin puhallusputkea vasten. Pallo ei suinkaan lennä pois kupista, vaan päinvastoin "imeytyy" siihen lujasti pyörien. Toisessa laitteessa on vaakasuora varras, jota myöten kaksi muovipalloa herkästi liukuu. Kun suunnataan ilmasuihku pallojen väliin, ne vetäytyvät - toisin kuin luulisi - toisiaan vasten. Kolmannessa laitteessa on portti, jonka muodostaa kaksi kuperaa metallilevyä. Suunnataan ilmavirta porttiliuskosten väliin ja todetaan, että portti menee entistä tiukemmin kiinni. Edellä mainitulla muovipallolla voi suorittaa myös seuraavan erittäin hauskan kokeen. Asetetaan pölynimurin puhallusaukko kohtisuoraan ylöspäin ja asetetaan varovaisesti pallo ilmasuihkuun. Se jää siihen "kellumaan" ja jos kantaa pölynimuria luokassa, pallo seuraa mukana ilmassa heilahdellen. Kokeet ovat mukavat suorittaa siten, että ennakoita kysyy oppilailta, mitä tapahtuu. Yllätys on sitä suurempi.

32. Lentokoneen siiven malli ja manometri

Lentokoneen siiven malli kiinnitetään statiiviin ja esim. pölynimurilla suunnataan ilmavirta sitä kohti. Manometrin letku painetaan siiven läpi kulkeviin reikiin, yläpintaan, jolloin manometri näyttää siiven alla olevan painelisäyksen, alapintaan, jolloin nähdään yläpinnalle kohdistuva painevähenys, "imu". Todetaan imun vaikutus huomattavasti suuremmaksi kuin paineen.

33. Metallilämpömittarin malli ja metallilämpömittari lisälaitteineen

Alustaan on kiinnitetty noin 15 cm pituinen kaksoismetallista tehty liuska. Kun sitä kuumennetaan liekillä, se taipuu kaarelle metalliliuskosten erilaisen pituuslaajenemisen takia.

Lämpömittari on ohuen sylinterin muotoinen ja siinä on noin 20 cm pituinen osoitin. Lisälaitteet: erillinen asteikko, muovinen kalorimetri, lämpömittarin kiinnitysalusta ja pari metallisylinteriä säteilykokeita varten. Laitteen avulla koko luokka voi välittömästi seurata lämpötilan muutoksia kokeissa.

Kalorimetrisissa kokeissa painetaan lämpömittariputki kalorimetrin reikään ja asteikko asetetaan siten, että lämpömittarin osoitin on asteikon säteenä. Osoitin käännetään sopivalle lukemalle.

Liukeneminen. Kalorimetriin pannaan vettä ja siihen liuotetaan karkeaa kiinnityssuolaa.

Kylmäseos. Kalorimetriin pannaan jäämurskaa tai lunta, johon sekoitetaan karkeaa kiinnityssuolaa.

Haihtuminen. Lämpömittarin sylinterille painetaan pieni pumpulitukka, johon kaadetaan helposti haihtuvaa nestettä, esim. eetteriä, asetonia, alkoholia.

Säteily. Lämpömittari kiinnitetään alustaansa ja varustetaan asteikolla. Lämpömittarin sylinterille painetaan ensin kirkas, sitten mustattu metallituppi. Lähelle laitetta asetetaan lämmönlähteeksi esim. sähkölamppu ja todetaan metallituppien erilainen lämpösäteiden imemiskyky.

34. Alusta ja teräslanka jään sulamispisteen tutkimiseksi

Laitteella voidaan vaivattomasti ja kätevästi näyttää teräslangan painuminen jääpalasen läpi, siis paineen vaikutus jään sulamispisteeseen.

35. Suihkumoottori

Metalliastian läpi on juotettu putki, jonka päihin on porattu vastakkaisille puolille sivureijät. Astiaan pannaan vettä ja se kuumennetaan spriiliekillä. Sivuputkista tunkeutuvan höyryn reaktiovaikutus panee moottorin nopeasti pyörimään.

36. Laite kastepisteen määrittämiseksi

Sylinterin muotoisessa kirkaspintaisessa metalliastiassa on kansi, jonka läpi kulkee astian pohjaan saakka ulottuva, kumipallolla varustettu metalliputki. Astiaan kaadetaan pieni määrä eetteriä ja astian sivuaukkoon painetaan lämpömittari niin syväälle, että sen elohopeaosaa ulottuu eetteriin. Pallolla painetaan ilmaa hitaasti eetterin läpi, joka voimakkaan haihtumisen vuoksi jäähtyy. Kun astian ulkopinta samentuu katsotaan mittarista kastepiste.

AALTOLIIKE JA ÄÄNIOPPI

37. Aaltoliikelaitte

Pystysuoran levyn päässä on kumitela, jota pyöritetään kämmen avulla. Telan yli asetetaan renkaan muotoinen muovinauha, johon on piirretty poikittaisen aaltoliikkeen kuva. Nauhan alaosa kuormitetaan metallipuikolla. Kun telaa pyöritetään, liukuu muovinauha alustalla ja luokka näkee aaltoviivan liikkuvan.

Koe 1. Käännetään levyn musta puoli luokkaan päin. Tällä puolella on valkoinen raita. Aaltoviivan ja raidan leikkauspiste näyttää yksinkertaisen heilahdusliikkeen. Muu osa aaltoviivaa ei näy tummalta pohjalta. Näin todetaan siis aaltoliikkeen komponentti.

Koe 2. Levyn valkoinen puoli käännetään luokkaan päin. Myöskin tällä puolella on poikittaisraita. Sen avulla todetaan, että kun raidan ja aaltoviivan leikkauspiste tekee yhden heilahduksen, etenee aaltoliike yhden aallon verran. Tästä havainnosta johdetaan aaltoliikkeen kaavat.

Koe 3. Aaltonauha asetetaan telalle siten, että nauhan molemmat puolet ovat päällekkäin. Nähdään siis kaksi komponenttia yhtä aikaa (aaltoliikkeen heijastus). Levylle laitetaan pari kumilankasilmukkaa siirrettäviksi poikittaisraidoiksi. Niitten avulla merkitään näkyviin sellainen kohta, jossa tulo- ja heijastusaalto kumoavat toisensa sekä se kohta, jossa aallot yhtyvät laajuudeltaan kaksinkertaiseksi aalloksi. Seisovan aaltoliikkeen muodostuminen tulee näin hyvin havainnollisesti esille.

Tämä laite on siis aaltoliikkeitä selvittävä mekaaninen malli.

38. Laite etenevän pitkittäisen ja poikittaisen sekä seisovan aaltoliikkeen esittämiseksi

Tässä laitteessa on kaksi helmiriviä, joista toinen joutuu etenevään pitkittäiseen ja toinen poikittaiseen aaltoliikkeeseen erinäisiä keloja kiertämällä. Vaihtamalla kela saadaan seisova aaltoliike näkyviin. Aaltoliikkeitten analysointi käy helposti tarkkailemalla helmien liikkeitä. Yksinkertaisen heilahdusliikkeen ja aaltoliikkeen välinen yhteys käy hienosti ilmi siten, että helmiriville asetetaan värikäs muovipallo. Yhden heilahduksen tapahtuessa siirtyy pallo yhden aallon verran. Siitä kaavat.

39. Laite veden aaltoliikkeen esittämiseksi

Laite samantapainen kuin edellinen, mutta tässä helmet ovat ympyräliikkeessä mustaa taustaa vasten. Koko ilmiö, jonka selitys kuvioitten avulla taululla on lähes mahdoton, jäsentyy tällä laitteella heti.

40. Aaltoallas piirtoheittimeen

Aaltoaltaaseen kaadetaan n. 0,5-1 cm:n korkuinen vesikerros. Pintajännityksen pienentämiseksi pannaan veteen muutama tippa pesuaineliuosta. Allas asetetaan piirtoheittimen

valotasolle. Aallot saadaan aikaan tiputtimella, jonka pisaroinnin taajuus valitaan sopivaksi asettamalla tiputtimen suutin sopivalle korkeudelle tiputtimen vapaan pinnan suhteen. Näin saadaan samankeskisiä ympyräaaltoja. Aaltoja tielle muodostetaan esteillä kapea portti ja todetaan Huygensin aaltoteorian periaate. Liikuttamalla suutinta altaan yli nähdään aaltorenkaitten tihennys liikkeen edessä ja harvennus takaa. Doppleriilmiö. Suoralla liuskalla saadaan aikaan suoraviivainen aaltoalue. Aallon heijastuminen, taantumisen.

41. Resonanssilaite

Alustalevyllä on kiinnitetty eri pitkiä, mutta kaksittain saman pituisia metallisauvoja. Sauvojen päissä on hyvin näkyvät helmet. Kun joku sauvoista pannaan värähtelemään, tarttuu voimakas värähtely yhtä pitkään sauvaan muitten pysyessä levossa. Jos siirretään helmiä, resonanssi lakkaa.

42. Laite aaltoliikkeiden interferenssin havainnollistamiseksi

Tässä mekaanisessa laitteessa nähdään mustaa taustalevyä vasten kaksi helmien muodostamaa komponenttiaaltoa ja niiden resultanttiaaltoa. Taulun takana on metallisauva, jonka avulla helmet liikkuvat. Laitteen avulla nähdään kahden aaltopituudeltaan samanlaisen aaltoliikkeen interferenssi (heijastuminen).

43. Hila, rakovarjostin ja mekaaninen havaintomalli

Hilatiheys on 200 rakoja 1 cm:ä kohti. Havaintomalli kuvaa kahta rinnakkaista rakoja ja kahta koherenttista valoaaltoa. Kääntämällä aaltoja kuvaavia metallilankoja todetaan havainnollisesti ne tilanteet, joissa aallot heikentävät tai vahvistavat toisiaan. Tämä auttaa oppilaita ymmärtämään hilakaavan johdon. Valon aallonpituuden määrittäminen: Rakovarjostin pannaan rainaheittimen kuvakehykseen ja hila asetetaan objektiivin eteen. Tarkistetaan, että varjostimella näkyvät kirjat ovat terävät ja selvät (laite 47) ja sitten tehdään mittaukset. Mitataan esim. ensimmäisen spektrin punaisen värin äärimmäisen reunan etäisyys valoisasta keskiviivasta ja sitten hilan ja varjostimen etäisyys, joka saa olla useita metrejä. Saadut arvot sijoitetaan hilakaavaan ja lasketaan punaisen valon aallonpituus. Samoin muista väreistä.

44. Interferenssilevyt

Kaksi läpinäkyvää levyä, joissa on samankeskisiä ympyräviivoja, asetetaan päällekkäin ja näin saatu kuvio heijastetaan rainaheittimellä luokaa seinälle. Nähdään selvät interferenssikuviot, joiden asema muuttuu levyjä siirrettäessä toisiinsa nähden. Laite on havaintomalli, jonka avulla voidaan selittää interferenssi.

45. Interferenssiputki

Noin 3 dm pituisen putken molemmissa päässä on kapea rako. Kun katsotaan rakojen läpi valolähdettä, nähdään valon taipumisesta johtuvat interferenssiiviivat.

46. Laite äänen nopeuden määrittämiseksi

Muoviputkessa on mäntä, jota liikutetaan metallisen mittanauhan avulla. Putken suulle on kiinnitetty ä-pilli. Kun puhalletaan tasainen ääni ja samalla lyhennetään putken ilmapatsaiden vetämällä mittanauhasta, vahvistuu ääni määrättyissä kohdissa. Näitten resonanssikohtien värähtelevien ilmapatsaiden pituudet nähdään suoraan mittanauhasta. Kolmannen resonanssipatsaan pituus on 96 cm. 4/5 osa siitä on aallonpituus. Värähdysluvusta ja aallon pituudesta lasketaan äänen nopeus.

47. Laite nesteiden taitekertoimen määrittämiseksi

Messinkitankoon on juotettu astelevy. Tanko asetetaan astian reunojen varaan siten, että suurempi osa astelevystä on astiassa. Astiaan kaadetaan nestettä, kunnes nesteen pinta ulottuu astelevyn keskipisteessä olevaan neulaan. Astelevyn reunassa, nestepinnan alla on magn. kannalla varustettu neula. Se asetetaan ennen koetta tietylle lukemalle (esim. 35 astetta). Astelevyn vastakkaisella reunalla, siis nestepinnan yläpuolella, on toinen magn. neula, joka asetetaan siten, että nämä kolme neulaa joutuvat samalle tähtäys-suoralle. Laite nostetaan pois astiasta, katsotaan tulo- ja taitekulma ja suoritetaan laskut. Kahden numeron tarkkuus. Erittäinsopiva oppilastyöksi.

48. Elokvakoneen periaatetta esittävä laite

Ympyrälevyissä on säteittäisiä rakoja. Levyn takaseinälle on rakojen kohdalle piirretty heilureita, joiden asennot vain hieman poikkeavat toisistaan. Kun katsotaan pyörivän levyn reunan yli laitteessa olevaan tasopeiliin, nähdään sekava kuviovyö, mutta kun katsotaan rakoalueen läpi, jäsentyvät kuviot heiluvaksi heiluriksi. Rakojen välialueet katkaisevat näköyhteyden peiliin ja sillä välin vaihtuu kuva toiseksi ja nämä perättäiset, hetkelliset kuvat yhdistyvät liikkeeksi.

SÄTEILYOPPI**49. Varjostin valo-opin kokeisiin**

Varjostin on akryylimuovista ja sen pintaan on liimattu läpikuultava kalvo. Mittaamista varten on varjostimessa mm-asteikko. Varjostin on hyvin käytännöllinen linssi-, peili- ja spektri-kokeissa.

50. Laitteet valon polarisaation esittämiseksi

Polarisaattorina on tavanmukainen musta peili, mutta analysaattorina on valkoiselle levyille kiinnitetty peilipyramidi. Jos esim. rainaheittimellä suunnataan suora valosuihku pyramidiin, syntyy aluslevylle heijastuskuvio. Kun valosuihku tulee

polarisaattorin kautta, heijastuskuvio katoaa määrättyissä asennoissa. Sekä polarisaattori että analysaattori ovat tukitelineillä, joten niitten asettaminen koetta varten on helppo. Ilmiön selittämistä varten kuuluu laitteisiin lisäksi metallilangasta taivutettu aaltoviiva. Tämä mitä hienoin koe poistaa sen haitan, joka tavallisilla polarisaatiopeileillä on ilmeinen. Valotäplä ei joudu kiertämään luokan usein eri etäisyyksillä oleville pinnoille, vaan koko ilmiö keskittyy samalle pienelle alalle, jonka koko luokka näkee.

51. Polarisoiivat kalvot ja havaintomalli

Laitteen muodostaa kaksi kehystä, joissa on polarisoiivat kalvot. Laite läpivalaistetaan projektiokoneella luokan seinälle ja todetaan valopisteen pimeneminen ja kirkastuminen 90 asteen kääntövaiheissa. Ilmiö selitetään mekaanisen havaintomallin avulla.

52. Muovikalvolinssi lisälaitteineen

Linssi muodostuu kahdesta kehyslevystä, joissa on ympyrän muotoinen reikä ja joiden väliin puristetaan läpinäkyvällä kalvolla varustettu kumirengas. Kumipallolla voidaan painaa ilmaa tai vettä tähän koteloon ja näin pullistaa kehyslevyjen ikkunat ulospäin, jolloin syntyy kupera linssi. Vastaavasti voidaan järjestää imu ja muodostaa kovera linssi.

1. Ilmalinssi upotetaan läpinäkyvään ja suoraseinäiseen astiaan, jossa on vettä ja muutama pisara fluoresiinia. Linssin läpi suunnataan yhdensuuntaisten valonsäteitten muodostama suihku. Kupera linssi hajottaa ja kovera supistaa valosuihkun. Todetaan siis väliaineen ja linssin tiheyserojen vaikutus, joka tavanomaisissa linssikokeissa jää huomaamatta.

2. Vesilinssi tehdään seuraavalla tavalla: Kumipallon letku irroitetaan linssistä ja pallo täytetään vedellä. Sitten kiinnitetään letku linssiin ja painetaan vettä siihen pitämällä linssin avonaista poistoletkua ylöspäin. Kun poistoletkusta alkaa tulla vettä se suljetaan nipistimellä. Vesilinssi on valmis ja nyt voidaan helposti muodostaa molemmat linssityypit. Voidaan siis suorittaa tavanomaiset linssikokeet. Vesi jätetään laitteeseen.

3. Mielenkiintoisin koe vesilinssillä on silmän mukautumiskyvyn esittäminen. Vesilinssi kiinnitetään alustalle asetetun läpikuultavan puolipallon eteen. Näin saadaan mekaaninen malli silmästä. Noin 0,5 m päähän silmälinssistä asetetaan kirkas sähkölamppu. Painetaan pallosta kunnes "silmän" takaseinälle asetetulle "keltaiselle pilkulle" muodostuu tarkka kuva lampun hehkulangasta. Säilytetään linssin kuperaus nipistämällä pallon letku kiinni ja siirretään lamppua. Hehkulangan kuvio tulee epäselväksi, mutta se saadaan taas teräväksi muuttamalla linssin käyryys sopivaksi. Paitsi silmän mukautumiskykyä voidaan tällä laitteella demonstroida pitkä- ja likinäköinen silmä sekä käyttämällä lasilinssejä apuna näitten vikojen korjaus. Linssikehyksen

aukkoon voidaan myös painaa himmentäjä (reijallinen kumilevy) ja näin selvittää silmäterän toiminta. Keltaista pilkkua kuvaavalla levyllä todetaan, että likinäköisen kuva muodostuu silmän sisälle, pitkänäköisen silmän ulkopuolelle.

53. Valovastus fotometriin mittauksiin

Pieneen telineeseen kiinnitetty valovastus ja milliampeerimittari kytketään 60-120 voltin tasavirtaan. Palava kynttilä asetetaan valovastuksen eteen sopivan matkan päähän ja mittarin osoittimen lukema pannaan muistun. Sitten asetetaan mitattava valolähde, esim. sähkölamppu, sellaiselle etäisyydelle valovastuksesta, että mittari näyttää samaa lukemaa. Molemmat valolähteet ovat silloin valaisleet vastusta yhtä voimakkaasti. Mitataan valovastuksen ja valolähteittenväliset etäisyydet ja suoritetaan laskut tunnetulla tavalla.

Rasvatäplä- ja varjofotometriin merkitys on lähinnä pedagoginen. Lukioluokilla on jo siirryttävä tarkempaan mittaukseen. Valovastuksen antama tarkkuus on hyvä ja huomattava etu on myös, että koe ei vaadi täysin pimennettyä luokkaa.

54. Loistekangas ja värisuodattimet fosforisuuskokeisiin

1. Loistekangas kiinnitetään pimennetyin luokan seinälle. joku oppilas asettukoon lähelle kangasta siten, että kun rainaheittimellä suunnataan kirkas valosuihku häntä kohti, kasvojen profiilista tulee terävä varjo kankaalle. Pian todetaan selvä "atomivalokuva" kankaalla varjon jäädessä mustaksi, mutta valotetun kankaanosan loistaessa vihertävää fluorisuusvaloa. Salamalampulla on koe erittäin vaikuttava.

2. Rainaheittimeen pannaan värisuodatin, jonka toinen osa on punainen ja toinen sininen. Väriäiskät suunnataan loistekankaalle ja todetaan vain sinisen osan voimakas valottuminen. Kirjon sininen ja violetti osa sisältää vain ne kvantit, jotka virittävät atomit. Elektronien vaiheittainen paluu normaalikuorilleen aiheuttaa sen, että atomi palauttaa kvantin pitempiaaltoisena.

3. Muovipussiin pannaan lunta ja se painetaan valotettualoistekangasta vasten. Jäähtynyt kohta tummenee, sillä elektronihyyt vähenevät. Kun lämpötila on tasaantunut, loistaa äskeinen tumma kohtaympäristöään valoisampana, koska sen viritettyjen atomien energiavarasto on säästynyt.

55. Säteilylaitteet

Kaksi parabolipeiliä. Toisen polttotasolla on hehkulamppu säteilijänä, toisessa on musta ja kirkas rasia säteilyn vastaanottajina. Ne ovat kytketyt nestemanometreihin, joiden nestepatsaiden noususta nähdään rasioitten absorptiokyky.

SÄHKÖ- JA MAGNETISMIOPPI

56. Laite Coulombin lain toteamiseksi

Kultamitali Pariisissa v. 1958.

Laitteessa on kaksi voimakasta tankomagneettia A ja B, jotka sopivat liukumaan muoviputkessa. Kun magneettien samannimiset kohtiot ovat vastakkain, "kelluu" magneetti B magneettisessa kentässä. Kohtioitten välinen poistovoima on siis = B:n paino. Asteikosta mitataan kohtioitten väli. Tämän jälkeen asetetaan B:n päälle lisäpaino C, joka painaa yhtä paljon kuin B. Poistovoima tulee siis kaksinkertaiseksi. Mitataan pienentynyt kohtioväli ja todetaan Coulombin laki mittaamalla ensin kohtiovälit ja todetaan Coulombin laki esim.

$$\text{seuraavasti: } \frac{17,9\text{mm}}{12,6\text{mm}} = 1,42 \quad \sqrt{\frac{2B}{B}} = 1,41$$

Kohtiovälit ovat siis kääntäen verrannolliset voimien neliöjuuriin eli voimat ovat kääntäen verrannolliset kohtioitten välisten etäisyyksienneliöihin.

Kuvittelemalla useita putkia rinnakkain magneetteineen, todetaan helposti, että magneettien välinen poistovoima on suoraan verrannollinen kohtiovoimakkuuteen.

62. Muoviastioita, joita putkien avulla voidaan yhdistää eri systeemeiksi

Astiat kytketään letkuilla yhtyvien astioitten riviksi ja vesijohdosta johdetaan virtakierto putkistoon. Vesipatsaitten korkeudesta todetaan painejakautuminen astioissa ja kitkanaiheuttamat painehäviöt. Näin voidaan havainnollistaa sähkövirrankulku johtimessa, jännitehäviö. Ohmin laki ym.

57. Laite Örstedin kokeeseen

Noin 10 cm pituinen magn. neula lepää akselinsa varassa tukilevyllä. Neula pääsee kääntymään pystysuorassa tasossa, jolloin luokka näkee neulan kääntymisen. Laitteen johdintanko voidaan pitää neulan suuntaisena kummalla sivulla hyvänsä. Näin voidaan todeta Örstedin laki eri tapauksista.

58. Laite sähkövirran magneettisen kentän tutkimiseksi

Suorakulmion muotoiseen kehykseen on kierretty johdinkäämi, joka kehyksen avonaisessa kohdassa on koottu lumpuksi. Tässä kohdassa on poikittainen muovinen alusta, jossa on pieniä rinnakkaisia "kammioita", kussakin lyhyt meltorautapuikko. Kun kytketään tasavirta käämiin, asettuvat puikot selviksi voimaviivakäyriksi. Laitteen etu on siinä, ettei rautaviilajauhoa tarvita, vaan väline on heti käyttövalmis.

59. Sähkötuulipallo, influenssikoneen lisälaitte

Laitteen muodostaa pystysuoran akselin ympäri pyörivä värikäs selluloidipallo, jonka pintaan on vinosti suunnattu kaksi teräväkärkistä

metallipuikkoa. Ne kytketään influenssikoneen napoihin. Kärkien ionisoitunut ilmahiukkaset syöksyvät vinosti pallon pintaan ja panevat pallon pyörimään.

60. Vesisuihkulaite elektronisäteen kuvaajana

Muoviastian yläpuolelle on kiinnitetty pieni muovipullo, josta vesi virtaa ohuena suihkuna alastiaan. Suihku kulkee kahden metallilevyn välitse, jotka siis muodostavat kondensaattorin. Kondensaattorin toinen levy kytketään ketjulla vesipullon metalliseen suuttuneen. Kondensaattorin levyt kytketään influenssikoneeseen ja todetaan sähköisen vesisuihkun taipuminen sekä se, miten taipumista voidaan säätää kentän voimakkuutta vaihtelemalla. Jos laittaa astian pohjalle vinottain peilin ja suuntaa siihen voimakkaan valosuihkun siten, että se valaisee sopivasti vesipisaroita, saa kokeen erittäin kauniiksi ja vaikuttavaksi pimennetyssä luokassa.

61. Elektroniputken mekaaninen malli

Akryylilevystä taivutettuun alustaan on kiinnitetty metallikierukka kuvaamaan hehkukatodia, verkko hilaa ja metallilevy anodia. Ohut lanka kulkee hilan läpi anodista katodiin ja langalle on pujotettu muutamia helmiä kuvaamaan elektroneja. Näitä "elektroneja" siirtämällä voidaan havainnollistaa elektroniputken toimintaa.

62. Puolijohteita ja kiinnitysalusta

Diodi ja transistori on kiinnitetty levyille, johon on piirretty niiden kaaviollinen kuva. Niillä voidaan suorittaa useita mielenkiintoisia kokeita, joiden selostaminen veisi liian suuren tilan. Kokeiden ohjeet seuraavat tilausta.

63. Kaksoisheilureita sähkömagn. kentässä

Laitteen muodostaa kahdesta muoviputkesta ja kahdesta magneetista tehdyt heilurit, jotka voidaan asettaa vaakasuorille kiskoille heilahtelemaan.

1. Muoviputkiheilurit asetetaan kiskoille ja toinen pannaan heilahtelemaan. Se ei vaikuta toiseen heiluriin, siis mekaanista vaikutusta niiden välillä ei ole. 2. Hangataan putket sähköisiksi ja tehdään sama koe. Nyt alkaa toinenkin heiluri heilahdella. Muuttuva sähköinen kenttä kuljettaa siis energiaa. (Lähetin ja vastaanotin) 3. Vastaava koe magneettisilla heilureilla. 4. Sama koe sähköiselläheilurilla ja magn. heilurilla. Todetaan, että muuttuva sähkökenttä synnyttää magn. kentän. Nämä ovat selventäviä alkukokeita ennen värähtelypiireihin siirtymistä.

64. Wheatstonen silta

Noin 1 metrin pituiselle laudalle on kiinnitetty vastuslanka ja tarpeelliset koskettimet tunnettua ja mitattavaa vastusta varten.

65. Kuumalankamittarin malli

Taustalevy, vastuslanka, osoitin ja asteikko ovat asennetut siten, että luokka näkee hyvin rakenneperiaatteen ja mittarin toiminnan. Taskulampun patteri sopii kokeeseen.

66. Mekaaninen malli sähkögeneraattorin toiminnan esittämiseksi ja kolmivaihevirran selittämiseksi

Laitteen perusrungon muodostaa kaksi pystysuoraa akryylimuovilevyä. Toiseen on kuvattu kenttämagneetti homogeenisen magn. kenttineen. Levyjen keskelle on kiinnitetty akseli, jonka varaan voidaan panna "ankkurit" virrankääntäjäineen ja harjoineen. Ensiksi asetetaan akselille suorakaiteen muotoinen johdin. Kääntämällä sitä eri asentoihin voidaan näyttää kohdat, jossa se sivuaa magn. voimaviivoja ja missä se taas leikkaa niitä eniten ja näin saadaan havainnollinen kuva vaihtovirran synnystä ja sen graafisesta kuvauksesta. Sitten vaihdetaan johdinsilmukka rautasydämellä varustettuun ankkuriin ja näytetään, miten vaihtovirta voidaan muuttaa lykkiväksi tasavirraksi.

Toiselle akryylilevylle on kuvattu kolme kela, joihin voidaan kiinnittää johdot, siis kaikkiaan kuusi johtoa. Pyöritetään levyn takana olevaa "magneettia" ja piirretään taululle kunkin kelan synnyttämä virta. Sitten yhdistetään kelojen paluujohdot yhdeksi johdoksi ja todetaan äskeisen kuvion avulla, että näin saadaan nollajohto. Laite helpottaa huomattavasti näitten vaikeitten asioiden ymmärtämistä ja opettamista, sillä eri tilanteitten piirtäminen taululle on tunnin puitteissa mahdotonta.

67. Van der Graaffin generaattori

Valmistamani hihnageneraattori on käsikäyttöinen ja antaa n. 5 cm pituisen kipinän. Sen kuvun keskellä on banaanikoskettimen istukka, johon voi kiinnittää lisävälineitä. Hihnageneraattori on erittäin sopiva kaikkiin sähköstatiikan kokeisiin. Lisälaitteet

1. Sähköheiluri. Sähköheilurin varsi painetaan istukkaan. Heilurin pallo, jonka läpimitta on n. 2 cm joutuu voimakkaaseen poukkoilevaan liikkeeseen.

2. Elektroskooppi. Sen liuskojen välinen kulma riippuu jännitteen suuruudesta. Koskettetaan kupua johteella, eristeellä ja eristetyllä kahvalla varustetulla johteella.

3. Sähkötuulimylly. Mylly saadaan pyörimään kuvulle painetun neulan päällä. Kärkivaikutus.

4. Kuvulle asetetaan metallikannella ja pohjalla varustettu muovirasia ja pidetään sormi sen päällä. Rasiassa olevat metallipalloset lentävät "raekuuroina" pohjan ja kannen välissä.

5. Kun elektroskoopin liuskat osoittavat kuvun maksimijännitettä, painetaan maadoitettu metallipallo lähelle kupua ja todetaan jännitteen pieneneminen ilman että jännitys purkautuu.

Kondensaattorin periaate. Pallon ja kuvun väliin pannaan erilaisia eristeitä.

6. Kuvulle asetetaan laite, joka näyttää, että sähkö asettuu johteen pinnalle.

ATOMIOPPI

68. Atomimallisarja läpinäkyvistä muovipalloista

Sarjaan käsittää H, He ja Li atomeit. Kahden edellisen halkaisija on n. 12 cm ja Li:n n. 40cm. Pallojen sisältä näkyvät ytimit ovat koostuneet värikkäistä helmistä (protonit ja neutronit), samojen elektronit. Vetyatomi on tehty kahdesta puolipallosta, jotka voidaan erottaa toisistaan ja täydentää kahdella neutronilla iotooppikäsitteen havainnollistamiseksi.

69. Vesimolekyylin rakennemalli

O:n halkaisija on n. 30 cm ja H:n n. 10cm. Ytimit protoneineen ja neutroneineen ja elektronit ovat selvästi näkyvissä. Kovalenttinen sidostyyppi, sidoskulma, dipoli jne.

70. Kidemallien esittämislaitte

Rauta-alustalle pystytetään magn. kannoilla varustettuja metallitankoja ja näille vartaille painetaan värikkäitä muovipalloja siten, että haluttu kidemalli muodostuu. Näin rakennetaan timantin, grafiitin ja ruokasuolan kidemalli.

71. Väline ydinreaktioitten havainnollistamiseksi

Hopeamitali Brysselissä 1961.

Laitteessa on sauva, jonka keskellä on läpinäkyvästä muovista tehty reijillä varustettu levy. Reikiin on kiinnitetty erivärisiä helmiä (protonit ja neutronit) N-ytimeksi. Tangon päihin kiinnitettyllä kumilangalla laukaistaan alfahiukkanen typpiyttimeen. Alfahiukkanen uppoaa ytimeen ja heittää yhden protonin syrjään. Voidaan siis havainnollistaa seuraava ydinreaktio:
 $7N14 + 2He4 \rightarrow 8O17 + 1H1$

72. Atomireaktorin malli

Muoviastiassa, joka kuvaa reaktorin betoniallasta, on yksi seinämä läpinäkyvä. Astiassa on nostettavia tankoja, joista toiset kuvaavat neutronilähdettä U 235 ja toiset hidastinta Cd. Hidastimeksi kaadetaan astiaan vettä. Kun opetuksessa käsitellään tätä havaintovälinettä ikäänkuin kysymyksessä olisi oikea atomireaktori, siis nostetaan Cd-tankoja, kun reaktio hidastuu ja lasketaan, kun reaktio kiihtyy, jää reaktorin rakenne ja toiminta oppilaitten mieleen.

73. Laitteita atomi-ilmiöiden havainnollistamiseksi

Alustalevyille pystytetään eri muotoisia, loisteväreillä siveytyjä metallitankoja. Kokeet tehdään siten, että rainaheittimeen pannaan rakovarjostin ja näin muodostuvalla valotasolla leikataan laitteita nostaten tasoa ylöspäin, jolloin

liikkuvat valopisteet esittävät "atomitapahtuman". Pisteet hehkuvat kirkkaina ja näkyvät selvästi pimennetyin luokan perälle saakka.

Radioaktiivinen hajoaminen: Laitteen loistekankaasta tehdyt osaset valaistaan ensin, jolloin pimeässä luokassa nähdään vain hehkuva "radioaktiivinen preparaatti" ja + ja - merkki kuvaamassa sähköstaattista kenttää. Rainaheittimeen pannaan usean yhdensuuntaisen raon varjostin. Demonstraatioissa nähdään hiukkassäteily peräkkäisten valopisteiden liikkuvana suihkuna ja gammasäde etenevänä poikittaisena aaltoliikkeenä.

Elektroni ja positroni: Nyt käytetään yhden raon varjostinta. Valotaso suunnataan laitteeseen ja nähdään, miten gammasäde jakaantuu elektroniksi ja positroniksi. Liikuttamalla valotasoa vastakkaiseen suuntaan saadaan elektroni ja positroni yhtymään gammasäteeksi. Demonstraatiot ovat vaikuttavat ja erittäin hienot.

74. Sumukammio

Akryylimuovista tehty kotelo. Sen pohjalla on musta metallilevy ja siinä radioaktiivinen nasta. Levyn alla on kangas, joka on kostutettu 50 %:lla metanooliliuoksella. Astian pohjasta kulkee letku kumipalloon, jonka avulla voidaan muuttaa painetta kammiossa.

Koe. Sivellään kammion kantta kuivalla sormella tai kangastilkulla, jotta kammiossa olevat ionit saadaan pois ilmatilasta. Sitten puristetaan palloa pöytää vasten, jolloin paine kammiossa nousee. Annetaan paineen äkkiä laueta. Silloin lämpötila alenee kammiossa ja höyry tiivistyy ioniratojen kohdille, jotka syntyvät niistä hiukkasista, jotka lentävät radioaktiivisesta nastasta. Koe tehdään pimennetyssä luokassa. Kammio valaistaan esim. rainaheittimellä sivulta. Silloin tulee viuhkamainen sumuratojen muodostama kuvio selvimmän näkyviin. Kun kangas on kuivunut, irroitetaan letku kammion pohjasta ja tiputetaan noin 5-10 tippaa nestettä kammioon.

75. Bohrin atomimallia ja alkuaineiden luonn.järjestelmää havainnollistava taulu.

Taululle painetaan värillisiä magn. alustoilla varustettuja helmiä, jotka kuvaavat protoneja, neutroneja ja elektroneja. Niitten avulla rakennetaan H isotooppeineen, He ja Li, jolloin luonn. järjestelmän rakennesysteemi jo käy ilmi ja opetusta voidaan jatkaa taulukon avulla.

Fysiikan opetuksessa taululla voidaan havainnollistaa atomin virittyminen säteilykvantilla ja virityksen purkautuminen säteilyä luovuttamalla. Laitteeseen kuuluvalla kynätaskulampulla viedään "sininen säteilykvantti" atomiin ja elektroni kuljetetaan seuraavalle kehälle. Sitten kuvataan virityksen purkautuminen toimimalla päinvastaisella tavalla. Fluorisuus ja fosforisuus kuvataan siten, että sininen fotoni heittää ensimmäisellä kehällä olevat elektronin

kolmannelle, josta elektroni palautetaan kehälleen toisen kehän kautta portaittain ja samalla poistetaan atomista kaksi vihreätä fotonia.

76. Uraaniytimen (92U235) halkeamista esittävä mekaaninen laite

Taustalevynä on pöydälle asetettava taulu, johon on kiinnitetty kolme U-ydintä esittävää helmikoostumaa. Eriväriset helmet kuvaavat protoneita ja neutroneita. Yksi U-ytimistä rakentuu kahdesta erillisestä osasta, mutta ne peitetään ehjää U-ydintä esittävällä kannella. Taululla on myös yksinkertaisessa pitimessä neutronia kuvaava helmi. Kun pidin vedetään taulun takaa pois, lentää neutroni kannelliseen ytimeen ja laukaisee yksinkertaisen mekanismin ja lopputuloksena nähdään kaksi erillistä pienempää ydintä (Ba ja Kr) sekä kolme neutronia. Yksi niistä on juuri iskeytyessä toiseen U-ytimeen ketjureaktion havainnollistamiseksi.

Laite havainnollistaa erittäin selvästi tämän niin ajankohtaisen ydinreaktion ja antaa virikkeitä aiheen syventämiseen (neutronien määrä ja nopeus, hidastimet, hallittu reaktio, säteily jne).

Taulun takana on yksityiskohtainen laitteen virittämiselostus.

MATEMATIIKKA

1. Magneettisilla nastoilla toimiva taulu

Taulun toisella puolella on koordinaatisto ja toisella trigonometrinen yksikköympyrä. Taulu asetetaan luokan taulun liitukourun varaan. Kuviot muodostetaan nopeasti ja tarkasti magn. nastoilla ja kumilangoilla. Taulu on hyvin käytännöllinen seuraavissa tapauksissa.

Koordinaatiston perusteiden esitys ja harjoittelu.

Kokemusperäisten funktioiden esitys.

$y=kx+b$ graafinen esitys ja harjoittelu.

Yhtälöparin $y=kx+b$ ja $y=mx+n$ ratkaiseminen

Janan pituus, monikulmioihin liittyvät tehtävät jne.

Normaaliparaabelin esitys ja siihen liittyvät tehtävät.

Trig. ympyrän säde on 20 cm. Trig. funktioihin liittyvät mittaukset ja eri "tilanteet", jaksot jne. voidaan esittää nopeasti ja erittäin havainnollisesti. Taulun etuna on siis opetuksen nopeuttaminen ja havainnollistaminen. Ei tuhlaa aikaa ruudukon tai ympyröiden piirtämiseen. Lisäksi liike saadaan uudeksi opetuksen elementiksi.

2. Noniusasteikko

Laite on n. 80 cm pituinen liukuvalla osalla varustettu työntötolkki. Liukulevyä siirtämällä voi koko luokan harjaannuttaa noniusasteikon käyttöön.

3. Avaruusgeometrinen opetusvälineistä

Välineistön perusosana on kaksi läpinäkyvää akryylilevyä, jotka voidaan kiinnittää metallisen kierrevarren päihin. Tätä vartta voidaan taivuttaa mihin suuntaan hyvänsä ja asettaa tasot siis siten,

että ne ovat yhdensuuntaiset, kohtisuorat, tai kuvaavat diedriä jne. Laitteistoon kuuluu imukupeilla varustettuja metallitankoja. Niitten avulla voidaan havainnollistaa teoreemat, jotka liittyvät tasojen ja suorien keskinäisiin suhteisiin. Kumilankojen ja metallitangon avulla voidaan rakentaa konstruktio teoreemaan: Jos suora on kohtisuorassa kahta tason suoraa vastaan, jotka kulkevat sen kantapisteen kautta jne. Avaruuskonstruktio voidaan myös rakentaa teoreemaan: Jos pyramidin leikkaa pohjansuuntainen taso on leikkauskuvio yhdenmuotoinen jne. Sylinteri ja kartio irrallisine vaippoineen kuuluvat välineistöön, samoin säännöllinen tetraedri ja oktaedri. Vielä on välineistössä metallilangasta tehty tasakylkinen kolmio, jolla voidaan esittää pyörähdyskartio. Kun rainaheittimeen pannaan rakovarjostin ja näin saadulla valotasolla leikataan äskeistä pyörähdyskartiota eri asennoissa, nähdään kartioleikkaukset valokäyrinä. Tämä demonstraatio on yksinkertaisuudessaan erinomaisen hieno.

4. Hyperbelipiirrin

Laitteessa on kaksi ketjua, jotka liukuvat rinnakkain pienen keskuskappaleen reikien läpi voimatta ohittaa toisiaan. Ketjujen päitten välinen erotus pysyy siis vakiona. Ketjujen imukupit painetaan tauluun hyperbelin polttopisteiksi. Sitten kuljetetaan keskuskappaletta, jonka läpi on pantu liitu, pitkin taulun pintaa siten, että ketjut pysyvät jännitettyinä. Liitu piirtää hyperbelin.

5. Ketjuharppi

Harpin osat ovat imukuppi ja silmukkaan päätyvä palloketju. Imukuppi painetaan luokan taululle ympyrän keskipisteeksi ja palloketju kiinnitetään imukupin kaulassa olevaan rakoon siten, että ympyrän säde tulee halutun pituiseksi. Liitu pannaan ketjun silmukkaan ja piirretään ympyrä pitämällä ketju tiukkana. Harpin etuna on, että se mahtuu mukavasti taskuun ja vapauttaa opettajan hankalan varsiharpin alituisesta kantamisesta.

6. Laite krtioleikkauksien esittämiseksi

Laite on metallilangasta tehty tasakylkinen kolmio, joka pannaan pyörimään pisimmän korkeusjana ympäri. Projektiokoneeseen pannaan kapealla raolla varustettu varjostin ja valotasolla leikataan pyörähdyskartiota eri asennoissa. Kartioleikkaukset näkyvät erittäin hienoina valokäyrinä.

MAT. MAANTIETÄ JA TÄHTITIETÄ

1. Laite, joka näyttää miten maan kiertoliike vaikuttaa tuulen suuntaan

Laitteen muodostaa musta ympyrälevy, joka pannaan kiertämään pystysuoran akselin päähän. Levy kuvaa litistettyä maapalloa, jonka napa on keskipisteessä ja ekvaattori reunassa. Koe: Muoviputkeen, jonka pohjalla on

lycopodiumjauhetta, pannaan metallipallo ja annetaan sen vieriä putkesta eri suunnilta pyörivälle levyille. Pallo jättää levyille jäljet ja niistä todetaan, että pohjoisella pallonpuoliskolla tuulet kääntyvät oikealle. Antisykloonin tuulipyörre selittyy helposti. Koska tuuli saapuu matalan keskuksen oikealle puolelle, josta se ikäänkuin "putoaa kuoppaan", voidaan selittää tuulen suunta sykloonin kohdalla. Pasaatituulet.

Paitsi sitä, että laite hauskaasti havainnollistaa tuulen suuntaan liittyviä seikkoja, se panee ajattelemaan liikkeen suhteellisuutta. Pallon liike on käyräviivainen levyn suhteen, mutta suoraviivainen luokan suhteen.

2. Matalan keskusta kuvaava laite

Pystysuoran tangon terävälle kärjelle asetetaan kevyt siipiratas. Sen alle asetetaan lämpölähde (spriiilamppu, kynttilä). Ratas alkaa pyöriä ylöspäin suuntautuvan ilmavirran vaikutuksesta.

3. Laite vuorovesi-ilmiön selittämiseksi

Maata ja kuuta kuvaavat pallot ovat varren päässä, joka pyörii vaakasuorassa tasossa maan ja

kuun yhteisen ajatellun painopisteen ympäri. Maata ympäröi herkästi liikkuvien sinisten helmien vyö, joka kuvaa maapallon vesialuetta. Oppilaat ymmärtävät ilman muuta, että vuoksi muodostuu kuun puoleiselle osalle maanpintaa vetovoiman seurauksesta, mutta sen muodostuminen vastakkaiselle puolelle on heidän vaikea käsittää. Asia selviää siten, että pyöräytetään laitetta, jolloin nähdään keskipakovoiman vaikutus. Tämän jälkeen voidaan ilmiöt selittää kuvioilla vetovoima- ja keskipakovoimavektoreitten avulla.

4. Taivaanpallo

Taivaanpallon malli on pystysuoran akselin (taivaan akselin) ympäri pyörivä, alumiiniympyröistä valmistettu pallomainen laite, jonka sisällä on käännettävä horisonttitaso. Aurinkona on pallo, jota voi siirtää ekliptikaympyrän eri kohtiin. Mallilla voi havainnollistaa päivän ja yön pituusvaihtelut, auringon nousun ja laskun horisontin eri kohdissa, vuodenaikojen vaihtelut, seisaus- ja tasauspisteet ym.

LISÄYS

1. Kipinäinduktori

2. Ajanmittauslaite ilmatyynyraataan

Laitteistossa on kolme pääosaa: sähkömagneetti, joka pidetään liukujan radalla, valovirtaan kytkettävä kello ja radalle kiinnitettävä katkaisija. Kun pidättäjän virta katkaistaan lähtee liukuja liikkeelle ja kun liukuja törmää radan päätekatkaisijaan pysähtyy kello.

Liite 4. Patentihakemus

Luokka
Klass 42 n 11/01Julkaistu
Publicerad 15. 3. 1954

SUOMI



FINLAND

PATENTTI- JA REKISTERI-
HALLITUSPATENT- OCH REGISTER-
STYRELSEN

PATENTTI N:o 26487 PATENT

Hakemus N:o 259/51 Ansökning

Aarre Armas Antero Saarnio,
Forssa.

Laite voimien riippumattomuuden lain osoittamiseksi. — Anordning för bevisande av lagen om krafters oavhängighet.

Patenttiaika alkoi — Patenttidens räknas från den	7. 3. 1951
Hakemuksesta kuulutettiin — Ansökningen kungjordes den	30. 5. 1953
Patentti myönnettiin — Patent beviljades den	10. 8. 1953

Laite on tarkoitettu havaintovälineeksi fyziikan opetuksessa, mutta soveltuu se myös leikkikaluksi, esim. kilpailupeliksi. Kojeen eräessä suoritusmuodossa on piikillä varustettu nuoli 1, jalustalevyllä 2 seisova esim. puusta valmistettu taulu 3, siihen kiinnitetty poikkipuu 4 ja jousi 5, irrallinen esim. pahvista tehty maali 6, kaksi kumilankaa 7 ja 8, jotka yhdistävät nuolen poikkipuun päihin ja jotka voidaan korvata vetojousilla, sekä kumilanka 9, joka yhdistää nuolen ja jousen 5.

Toimintaperiaate: Vetämällä nuolen „hännestä” 10, kiristyvät kumilangat 7 ja 8 sekä kumilanka 9.

Patenttivaatimus:

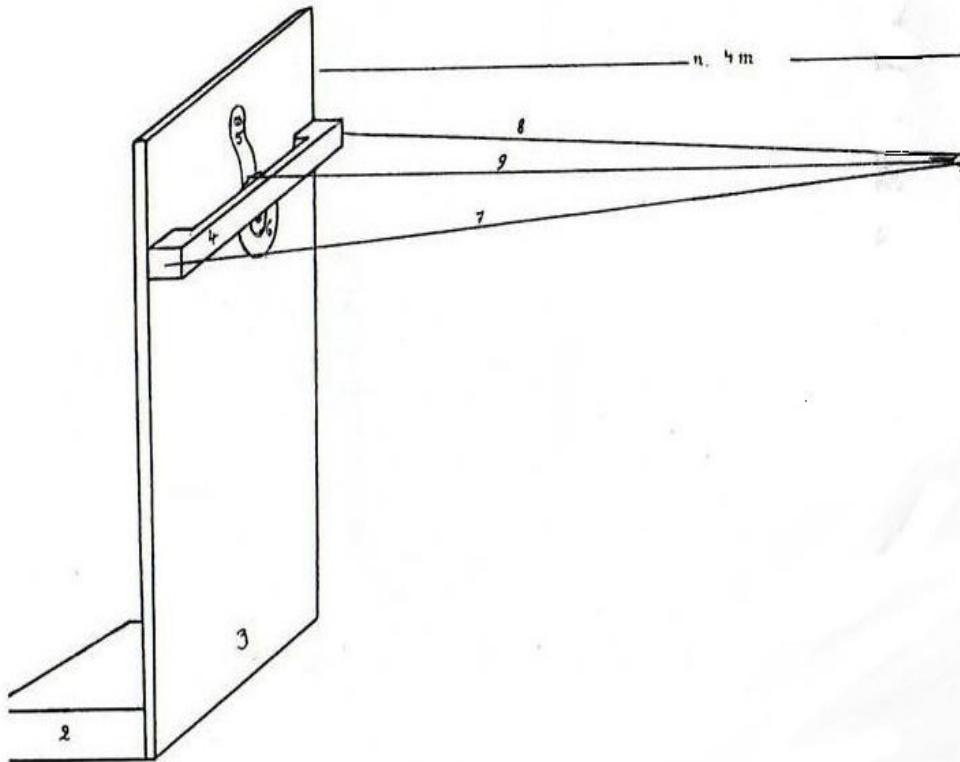
Laite voimien riippumattomuuden lain osoittamiseksi, tunnettu siitä, että siihen kuuluu jalustalla varustettu pystysuora levy, kumilanka tai lankoja, jotka on toisesta päästään kiinnitetty mainittuun pystysuoraan levyyn ja toisesta piikillä varustettuun nuoleen, irtonainen levymäinen maalitaulu, joka kumilankoja kiristettäessä viemällä nuolta levystä pois päin lukituselimen avulla pysyy paikoillaan, ollen lukituselin sellainen, että se laukaisuhetkellä päästää maalitaulun vapaasti putoamaan.

Jousen 5 ja poikkipuun 4 väliin, nuolen tähtäyspisteeseen pistetty maali 6, pysyy paikoillaan näin syntyneen kiristyksen varassa. Samalla hetkellä kun hellitetään nuolen hännästä, painuu jousi taulua vasten päästään maalin putoamaan. Nuoli lentää ja lävistää maalin nauliten sen tauluun. Laite osoittaa siis nuolen putoavan maalin lailla „vapaasti” riippumatta kumilankojen ym. siihen vaikuttavista voimista. Jätän mainitsematta kojeen pieniä yksityiskohtia, joita keksinnön puitteissa voidaan monin tavoin muunnella.

Patentanspråk:

Anordning för bevisande av lagen om krafters oavhängighet, kännetecknad därav, att den omfattar en med stativ försedd vertikal skiva, en gummitråd eller trådar, som i ena ändan äro fästade i sagda vertikala skiva och i sin andra ände i en med pik försedd pil, en lös skivformig måltavla, som vid åtdragning av gummiträdarna genom att föra pilen bort från skivan hålles på sin plats av en läsanordning, i det att läsanordningen är sådan, att den vid avskjutningsögonblicket fritt låter måltavlans nedfalla.

Patentti N:o 26487 Patent



This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.