

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. 1955kansainvälisissä 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 alustalevyllä. 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 levyllä, 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. $F = ma$. Vaakasuuraa 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. *Kimmoinen lyönti.* Liukujien päihin painetaan jousipuskurit ja annetaan niitten törmätä toisiaan vasten. Olkoot liukujien massat ensin yhtä suuret. Todetaan, että liikkuva liukuja antaa työnnessä 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. Työnnessä ne painuvat kokoon ja molemmat liukujat kulkevat samaan suuntaan. Jos tilanne on sama kuin kimmotuksen työnnin ensimmäisessä kokeessa, todetaan, että työnnin jälkeen on nopeus puolet pusurijan 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 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 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.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.

$W_1 = p.h$ ja $W_2 = 1/2 mv^2$. 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 vaakasuoralla 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 ilmavastukseen.

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 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.

Kääntönelivillä 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, metllilangasta 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. Sulkupuiikko 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* $m.r = m_1.r_1$ 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 $m.r = m_1.r_1$. 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. *Ratatangenti.* 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 määrittäminen.* Viidennessä reikärivissä on 10 reikää ja se antaa ksviivaisen 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. *Värikielikot.* Akseliin kiinnitetään värikieliko, 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. *Litistyyvä 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, 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 akryylikannattimen päällä. Pienetkin lämpötilaerot palloissa saavat laitteen voimakkaaseen keinuntaan.

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, kirkkaalla 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. Lämpösaateet 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. Kojeen 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, mieluiten sellainen, jossa on kierrosluku 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 "portinpieleen", 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 kierrosluku tunnetaan, voidaan kaareen AB kulunut aika, siis putoamisaika, 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 paperipinkan 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 projisioidaan 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 molekyyliiliike. Kun liikutetaan alustaa niin nopeasti, että helmet irtaavat 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 mannasuurimoita. Ne asettuvat kentän

voimaviivoja myöten ja näyttävät kentän rakenteen.

4. *Elektrolyysi.* Kuparielektrodeilla varusteluun astiaan kaadetaan ohut vesikerrok. Virtalähteeksi riittää 4,5 V:n taskulampun paristo. Astian keskelle elektrodien väliin pudotetaan KMnO₄ kide. Nähdään kuinka MnO₄⁻ ionit violetisena vyönä kulkevat kohti anodia.

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

6. Polarisatiokalvoilla 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 valolustalle 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.* Läpivalaisuastian kaadetaan vettä ja siihen pudotetaan pari KMnO₄ kidettä ja seurataan niiden liukenemistä.

2. *Kapillaari-ilmiö.* Astia kootaan siten, että solukumiliuskalla erotetaan kapea tila astian solukumiseinä 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. (Plateun 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 suuret 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 lisäsiivekkeillä.

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. Laite 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 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.

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 (kiehuminen). 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 tarkkaillaan laitteessa olevasta asteikosta. Nesteon pintajännitysvakio määrätään seuraavasti: Neste kaadetaan matalaan maljaan ja sitä kohotetaan kunnes rengas koskettaa nesteon pintaa. Sitten vedetään maljaa hitaasti alaspäin kunnes rengas äkkiä irtoaa nesteon 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 astiaa 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 unohduksiin. 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. Pintajännitusuimuri

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 spriitä 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 liikkeet. 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 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 ennakolta kysyy oppilailta, mitä tapahtunee. 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 painevähennys, "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 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 metallisylin teriä 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 alustaansa ja varustetaan asteikolla. Lämpömittarin sylinterille painetaan ensin kirkas, sitten mustattu metallituppi. Lähelle laitetta asetetaan lämmönlähteeksi esim. sähkölamppu ja todetaan metallituppien erilainen lämpösäteitten 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 määäämiseksi

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 syvälle, 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

37. 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 altoliikkeen 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 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.

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 ympyräaalloja. 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, taittuminen.

41. 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.

42. Laite aaltoliikkeiden interferenssin havainnollistamiseksi

Tässä mekaanisessa laitteessa nähdään mustaa taustalevyä vasten kaksi helmien muodostamaa komponenttiaaltoa ja niiden resultanttiaalto. 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 rakoa 1 cm:ä kohti. Havaintomalli kuvaa kahta rinnakkaista rakoa 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 määääminen: Rakovarjostin pannaan rainaheittimen kuvakehykseen ja hila asetetaan objektiivin eteen. Tarkistetaan, että varjostimella näkyvät kirjot 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 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.

45. Interferenssiputki

Noin 3 dm pituisen putken molemmassa 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 à-pilli. Kun puhalletaan tasainen ääni ja samalla lyhennetään putken ilmapatsaiden vetämällä mittanauhasta, vahvistuu ääni määrätyissä 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 tähtäyssuoralle. Laite nostetaan pois astiasta, katsotaan tulo- ja taitekulma ja suoritetaan laskut. Kahden numeron tarkkuus. Erittäinsopiva oppilastyöksi.

48. 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.

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 levylle kiinnitetty peilipyramidi. Jos esim. rainaheittimellä suunnataan suora valosuihku pyramidiin, syntyy aluslevylle heijastuskuvio. Kun valosuihku tulee

polarisaattorin kautta, heijastuskuvio katoaa määrätyissä asennoissa. Sekä polarisaattori että analysaattori ovat tukitelineillä, joten niitten 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.

51. 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.

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 hajoittaa 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 kuperuus 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 (reijällinen kumilevy) ja näin selvittää silmäterän toiminta. Keltaista pilkkua kuvaavalla levyllä todetaan, että likinäköisen kuva muodostuu silmän sisälle, pitkänäköisen silmän ulkopuolelle.

53. Valovastus fotometrisiin 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 valaisseet vastusta yhtä voimakkaasti. Mitataan valovastuksen ja valolähteittenväliset 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.

54. 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. Väriläiskät suunnataan loistekankaalle ja todetaan vain sinisen osan voimakas valottuminen. Kirjon sininen ja violettinen osa sisältää vain ne kvantit, jotka virittävät atomit. Elektronien vaihteittainen paluu normaalikuorilleen aiheuttaa sen, että atomi palauttaa kvantin pitempiaaltoisena.

3. Muovipussiin pannaan lunta ja se painetaan valotettualoistekangasta vasten. Jäähtynyt kohta tummenee, sillä elektronihypyyt 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.

seuraavasti:

17,9
mm
12,6
mm

=
1,42

√

2
B
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 lisälait

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

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

60. Vesisuihkulaite elektronisäteen kuvaajana

Muoviastian yläpuolelle on kiinnitetty pieni muovipullo, josta vesi virtaa ohuena suihkuna ala-astiaan. 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 levylle, 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 tehtyt heilurit, jotka voidaan asettaa vaakasuorille kiskoille heilahtelemaan.

1. Muoviputkiheilurit asetetaan kiskoille ja toinen pannaan heilahtelemaan. Se ei vaikuta toiseen heiluriin, siis mekaanista vaikutusta niitten 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 homogenisen magn. kenttineen. Levyjen keskelle on kiinnitetty akseli, jonka varaan voidaan panna "ankkurit" virrankääntäjineen 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 akryylilevyille 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 asioiden ymmärtämistä ja opettamista, sillä eri tilanteitten piirtäminen taululle on tunnin puitteessa 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. Kosketetaan 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 välin 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 ytimet 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 ha H:n n. 10cm. Ytimet protoneineen ja neutroneineen ja elektronit ovat selvästi näkyvissä. Kovalenttinen sidostyyppi, sidoskulma, dipoli jne.

70. Kidemallien esittämislaite

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 kiinnitetyllä kumilangalla laukaistaan alfahiukkanen typpiytimeen. Alfahiukkanen uppoaa ytimeen ja heittää yhden protonin syrjään. Voidaan siis havainnollistaa seuraava ydinreaktio: 7N14 + 2He4 -> 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 siveltyjä metallitankoja. Kokeet tehdään siten, että rainaheittimeen pannaan rakovarjostin ja näin muodostuvalla valotasolla leikataan laitteita nostaen tasoa ylöspäin, jolloin

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

Radioaktiivinen hajoaminen: Laitteen loistekankaasta tehtyt osaset 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 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 selvimmin 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, elektroneja 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 tuhlata 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. 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. 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 levyllle. Pallo jättää levyllle 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 hauskasti 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 (sprii lamppu, 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 keskipakoisvoimavektoreitten 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 ilmatyynyrataan

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.