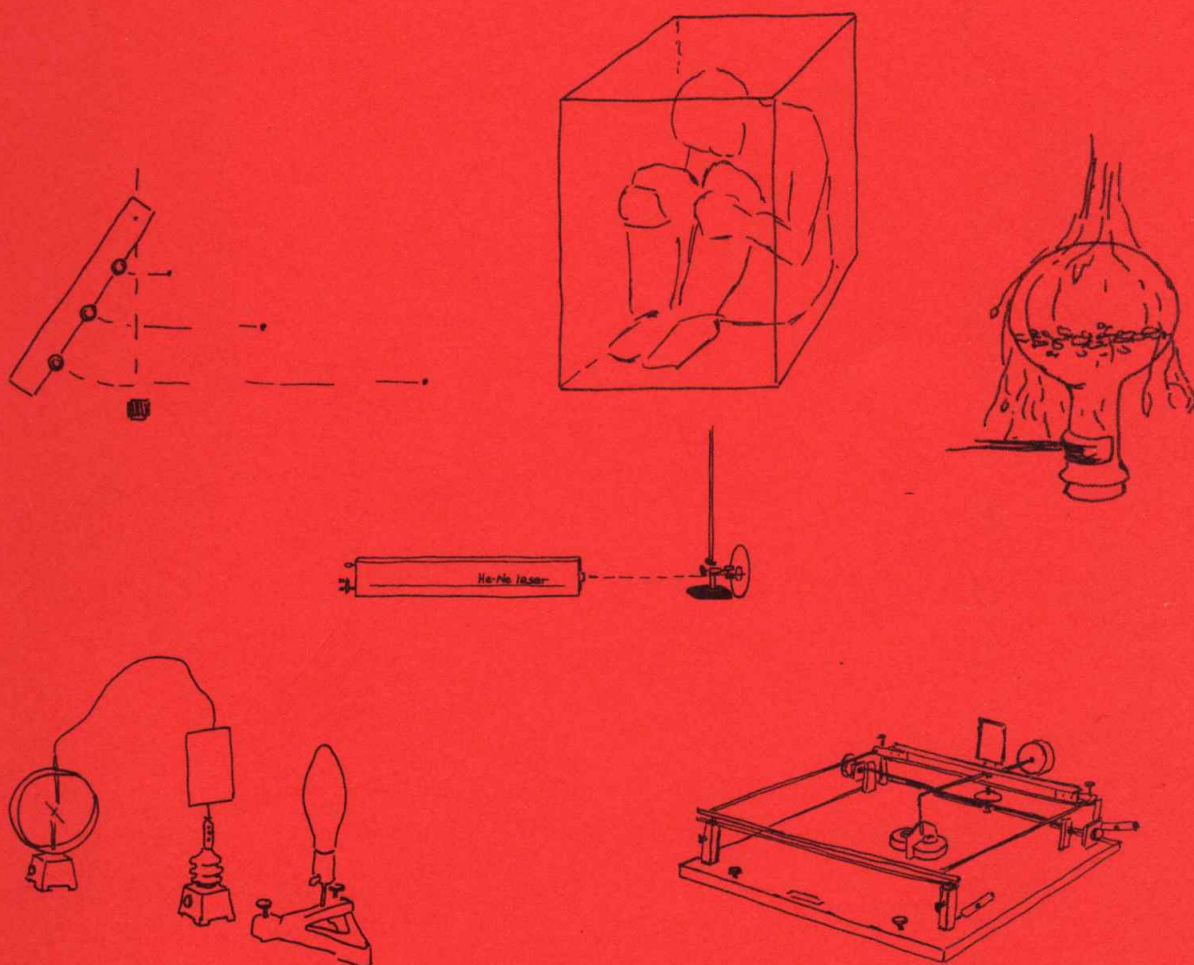


Nogle forslag til

Fysikforsøg på gymnasialt niveau



Ove Splittorff

FYSIKFORLAGET

Nogle forslag til

Fysikforsøg på gymnasialt niveau

Indhold

Indledning	side 1
Proportionalitet	side 3
Varmelære	side 7
Ellære	side 17
Mekanik (obli)	side 25
Bølgelære	side 39
Atom- og kernefysik	side 51
Mekanik højniveau	side 55
Elektricitet og magnetisme	side 65

Nogle forslag til Fysikforsøg på gymnasialt niveau

Af Ove Splittorff

©Fysikforlaget

Illustrationer: Randi Splittorff

Tryk: tryk team, Svendborg

1. udgave 2000

Indledning

I december 1997 afholdte Fysiklærerforeningen en konference med det formål at lave en oversigt over fysikforsøg til det gymnasiale niveau. Her blev grunden lagt til dette skrift. Ideen var (og er) at lave et skrift, der dels kunne tjene som huskeliste for den rutinerede lærer dels som inspirationskilde for den mere uerfarne.

Heldigvis undergår forsøgsrepertoiret i fysik en konstant udvikling. Hele tiden kommer der nye ideer frem mens andre mister deres aktualitet. En oversigt over fysikforsøg til det gymnasiale niveau må derfor i sagens natur være forældet, inden den udgives. Det er desuden utopi at forestille sig, at en sådan oversigt kan være fuldkommen. Så nogle kollegaer vil uden tvivl opdage, at netop deres yndlings forsøg ikke er med i oversigten. Når jeg alligevel vover at udgive den, er det simpelthen fordi den hjælper en til at huske, hvilke forsøg der findes. Ofte kender man jo godt forsøgene, problemet er lige at komme i tanke om dem, når de skal bruges. Her kan oversigten forhåbentligt være en hjælp. I hvert fald har vi forsøgt at indrette den, så det er let at finde ideer til forsøg inden for et bestemt emne, idet vi har fulgt opdelingen i de 5 emner i kernestoffet på obligatorisk niveau, samt de to hovedemner på højt niveau. Den valgte rækkefølge er

Varmelære
Ellære
Mekanik
Bølgelære
Atom- og kernefysik
Mekanik højniveau
Elektricitet og magnetisme.

Desuden er der medtaget nogle introduktionsforsøg om proportionalitet og lineær sammenhæng.

De med * mærkede emner er i passende formuleringer også velegnede til eksperimentelle projekter eller til den større skriftlige opgave. Emner mærket med (**) ligger uden for det obligatoriske stof, men er ligeledes velegnet til eksperimentelle projekter eller den større skriftlige opgave.

Mekaniske emner, der både kan anvendes som projekter på obligatorisk og på højt niveau, er anbragt under mekanik (obli).

Oversigten henvender sig til læreren. Alle forsøg er kun omtalt kort, og detaljer er kun medtaget i det omfang, de er af afgørende betydning for forsøget. Samtidigt er illustrationerne valgt, så de forhåbentligt i sig selv kan bruges som huskeliste, alt sammen for at øge overskueligheden. Alle forsøg er afprøvede, de kan alle udføres i praksis, selvom nogle naturligvis kræver mere fingerspidsfornemmelse end andre. Skulle nogen have problemer med nogle af forsøgene, er man meget velkommen til at henvende sig på nedennævnte e-mail adresse, hvor også kommentarer og ideer til forbedringer modtages med glæde.

Indledning

Mange har bidraget til denne oversigt. Først og fremmest deltagerne i Fysiklærerforeningens konference. Deltagerne var Erik Bruun Olesen, Claus Jessen, Carsten Claussen, Klaus Nielsen, Paul Jespersgaard, Ole Trinhammer, Erik Lorin Rasmussen, Torben Lenskjær, Peter Husby. Alle takkes de for et inspirerende samvær og et væld af gode ideer. Tak til Poul A. Nielsen for materiale til en lang række forsøg, og tak til Jens Andersen, Erik Lorin og Uffe Nielsen for stor hjælp med manuskriptet.

Svendborg maj 2000

Ove Splittorff

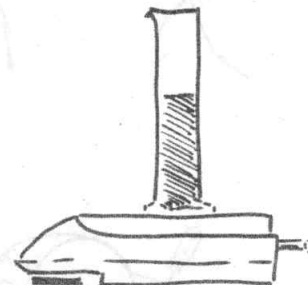
Ove_Split@mail.tele.dk

Alle tegninger er udført af Randi Splittorff

Proportionalitet og lineær sammenhæng

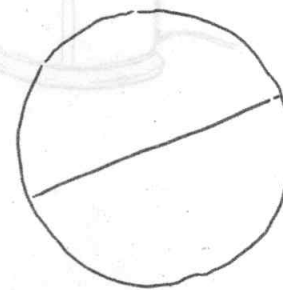
Densitet af en væske

En væskes densitet bestemmes ved at måle sammenhørende værdier af masse og volumen. Alt efter om beholderens masse aftareres eller ej, fås en proportionalitet eller en lineær sammenhæng.



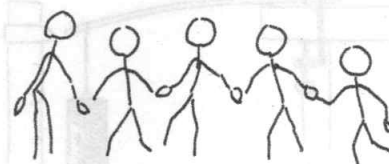
Sammenhængen mellem diameteren og omkredsen af runde ting

Sammenhørende værdier af diameter og omkreds måles for en række runde ting. Omkredsen måles lettest med et målebånd. Omkredsen afbildes som funktion af diameteren.



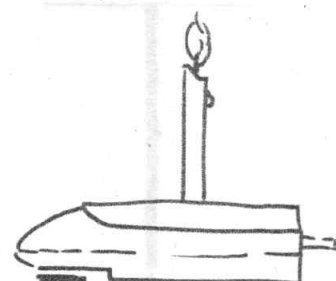
Reaktionstid i en kæde

En række elever står i en lang kæde med hinanden i hånden. En starter afsender et signal ved at trykke den første elev i den frie hånd. 1. elev sender signalet videre ved at trykke 2. elev i hånden osv. Tiden for signalet måles som funktion af antal elever i kæden.



Stearinlys på vægt

Et stearinlys anbringes på en digitalvægt. Det kan smeltes fast på et stykke pap, man kan bruge et fyrfadsllys eller allerbedst et af de meget tynde fødselsdagslys, der så sættes fast i en klump ler eller oasis. Der måles samhørende værdier af tid og masse. Med kendskab til stearins brændværdi kan lysets effekt hermed bestemmes.



Proportionalitet



Løbetur på boldbane

Der opmåles en bane på 20 - 50 m. En løber skal forsøge at løbe rundt på banen med så konstant fart som muligt. En tidtager måler tiden for hver omgang. Tidtageren må ikke oplyse løberen om mellemtiderne.

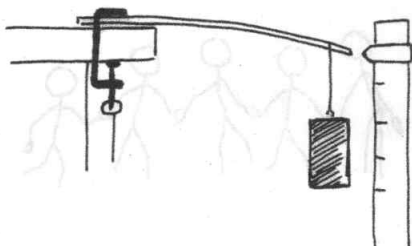


Temperaturen i en elkedel

Temperaturen i en tændt, fyldt elkedel måles som funktion af tiden. Alt efter om man ser på temperaturstigningen eller på selve temperaturen som funktion af tiden, får man en proportionalitet eller en lineær sammenhæng. Lader man temperaturen i kedlen nærme sig $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, vil man få afvigelser fra den lineære sammenhæng.

Sukkerindhold i solbærsaft

Der laves en række kendte sukkeropløsninger (f.eks. 100 g/L , 200 g/L , ..., 500 g/L). Densiteten af disse bestemmes, og der tegnes en graf med densiteten som funktion af sukkerkoncentrationen. Så bestemmes densiteten af en indkøbt flaske koncentreret solbærsaft. Sukkerkoncentrationen kan nu aflæses på grafen og sammenlignes med deklarationen.



Nedbøjning af lineal

En lineal fastspændes så den når et godt stykke ud over kanten på et bord. En anden lineal anbringes lodret med nulpunktet udfor enden af linealen. Linealen belastes med passende lodder, og linealens nedbøjning måles som funktion af belastningen.



Forlængelse af elastikker eller fjedre

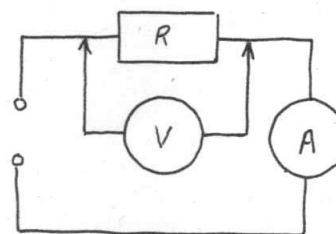
Elastikken eller fjederen ophænges lodret. En lineal stilles lodret med nulpunktet udfor elastikken eller fjederens nederste punkt i hvilestillingen. Elastikken eller fjederen belastes med passende lodder og forlængelsen måles som funktion af belastningen.

Hvis man belaster en elastik kraftigt vil forlængelsen ikke vedblive at være proportional med belastningen, ligesom elastikken ikke vil følge samme belastningskurve og ikke vende tilbage til sin oprindelige længde, når man igen aflaster den. Dette hysterese-fænomen kan bruges til at finde den i elastikken afsatte energi ved en be- og efterfølgende aflastning. Energien er (eventuelt på nær en faktor g) arealet af den figur belastningskurven omslutter.

Prøv også at måle en elastiks brudstyrke. Den er overraskende stor.

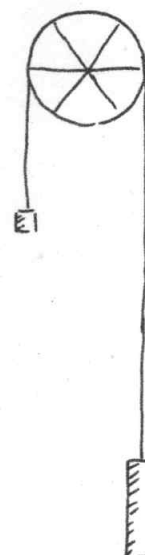
Sammenhængen mellem spændingsforskæl og strømstyrke

Forsøget kan med en resistor bruges til at vise proportionalitet, og med andre komponenter til at vise, at ikke alle sammenhænge er proportionaliteter.



(t, v) -graf for bevægelse med konstant acceleration

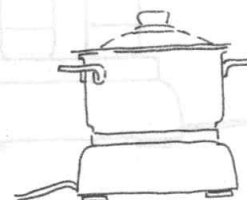
(t, v) -graf for et frit fald eller for en vogn på en skrå kørebane måles ved datafangst for eksempel ved hjælp af en Smart Pulley eller med en CBR bevægelsesmåler.



Varmelære

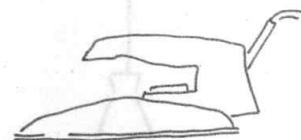
Nogle apparaters energiforbrug som funktion af tiden

Energiforbruget måles med en almindelig elmåler eller bedre med et energimeter.



Et strygejerns effektforbrug som funktion af tiden

Det er muligt at optage effektkurven for et termostatstyret strygejern vha et wattmeter og datafangst. Bemærk, at den afsatte effekt ikke er konstant i de perioder, hvor strygejernet er tændt, da modstands-tråden varmes op.

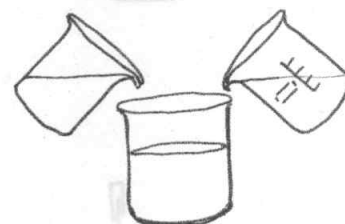


Varme og kolde ting

Alle tingene i lokalet har samme temperatur. Alligevel føles f.eks. træting varmere end metaltung.

Blanding af vand og vand/is

Først blandes 100 g vand ved f.eks. 20 °C med 100 g vand ved f.eks. 80 °C. Fællestemperaturen bestemmes. Dernæst blandes 200 g vand ved 20 °C med 100 g vand ved 80 °C. Igen bestemmes fællestemperaturen. Og endelig bestemmes fællestemperaturen for en blanding af 100 g is eller sne ved 0 °C med 100 g vand ved 80 °C. Det kan være hensigtsmæssigt at lade eleverne gætte på resultaterne på forhånd.

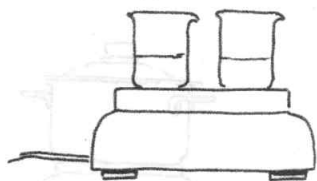


Varm kaffe på vægt

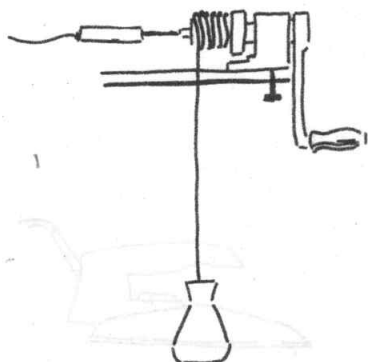
En kop varm kaffe anbringes på en vægt og såvel temperatur som masse følges. Prøv både med og uden låg på koppen. Forsøget er naturligvis lettest med dataopsamling.



Demonstration af varmekapacitet

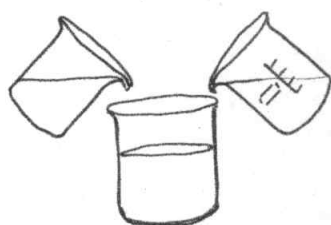


To små pyrex bægerglas det ene med vand og det andet med samme mængde olie anbringes på en kogeplade, så den tilførte varmeeffekt til de to glas bliver nogenlunde ens. Lad tilskuerne gætte oliens temperatur, når vandet begynder at koge.

Bestemmelse af messings specifikke varmekapacitet
(Tofts og Schürholtzs forsøg)

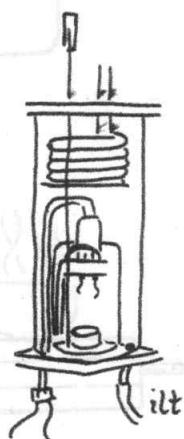
Man kan finde den specifikke varmekapacitet for f.eks. messing ved at måle den temperaturstigning en gnidningskrafts arbejde forårsager i en messingklods. Forsøget findes i forskellige færdige opstillinger. Har man på denne måde bestemt den specifikke varmekapacitet for ét stof, kan den specifikke varmekapacitet for alle andre stoffer principielt findes ved kalorimetri.

Bestemmelse af specifik varmekapacitet ved kalorimetri



Flamingokrus er glimrende som kalorimetre. Det letter også beregningerne. Det kan være hensigtsmæssigt at lade eleverne selv medbringe emner. Emnerne skal blot have en passende størrelse i forhold til flamingokrusene. Specielt må metalting ikke være for små pga. den lille specifikke varmekapacitet. Man kan også prøve at efterligne stenalderfolkene og få vand til at koge vha. varme sten.

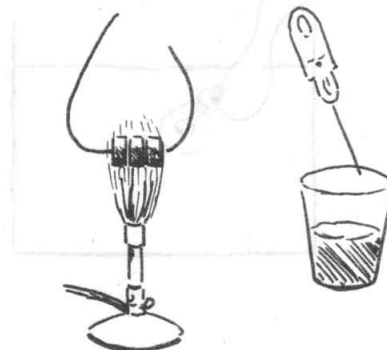
Fødevarers energiindhold (forbrændingskalorimeteret) (*)



Forbrændingskalorimetre også kaldet bombekalorimetre findes i mange skolesamlinger, ofte indkøbt i fællesskab med kemi eller biologi. Man kan her bestemme energiindholdet i almindelige fødevarer, idet små mængder af f.eks. brød afbrændes i en atmosfære af ren oxygen. Energien fra forbrændingen bestemmes ved simpel kalorimetri, idet røggassen ledes gennem en spiral i en vandbeholder. Forsøget er simpelt både mht. til udførelse og beregninger og kan give anledning til et godt tværfagligt samarbejde med biologi, også i en naturfagsklasse.

Glødetemperatur

Gymnasiefysiksamlinger råder sædvanligvis ikke over termometre, der kan måle temperaturer meget over 100°C . Den temperatur, hvor ting netop begynder (eller ophører) med at gløde, kan i stedet bestemmes ved kalorimetri. Nogle møtrikker samlet med et stykke ståltråd opvarmes over et par bunsenbrændere til de alle tydeligt gløder. I et mørkelagt lokale afventer man så, at møtrikkerne netop ikke mere gløder, hvorefter de hurtigt nedsænkes i et flamingokrus med en passende mængde vand.



Temperaturen i en gasflamme kan bestemmes analogt.

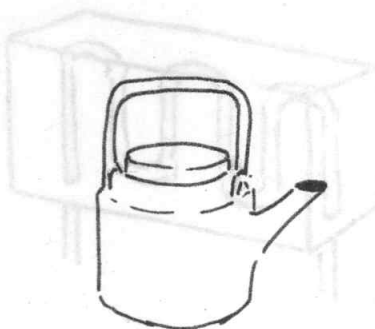
Genkendelse af 50-øre

Forsøget kan laves som en tryllekunst. Tre 50-ører afkøles og lægges på et stykke flamingo. Man beder en elev om at vælge en af mønterne og tage den i hånden og aflæse årstallet uden at tryllekunstneren kan se det. Mønten kan genkendes (pga opvarmningen) ved at holde den op til læberne.



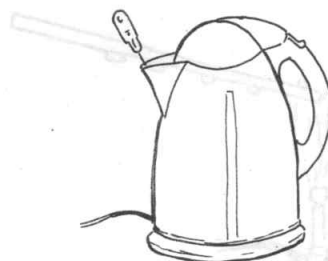
En tekandes varmekapacitet (take home lab)

Et enkelt kalorimetrieforsøg, der kan laves derhjemme blot ved at hælde en kendt mængde varmt vand i tekanden og måle, hvor meget vandet afkøles.

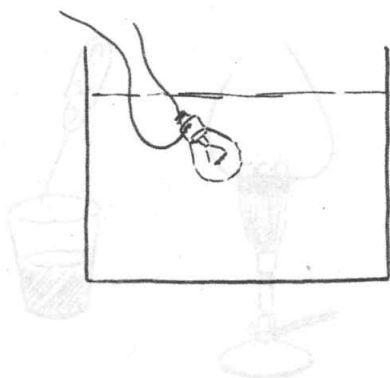


Nyttevirkningen af kogeplader, kokekedler eller lignende

Det tilrådes, at man måler den tilførte elektriske energi direkte med et energimeter for at undgå unødige komplikationer i beregningerne. Forsøget kan varieres på mange måder, f.eks. ved at undersøge hvordan nyttevirkningen afhænger af mængden af vand i kedlen. Man kan også anvende engangs lighterer eller f.eks. en Trangia til opvarmningen.



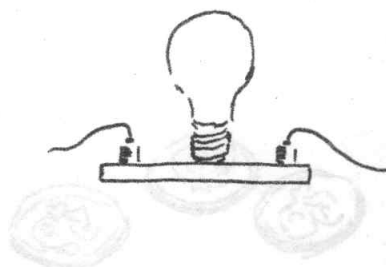
Nyttevirkningen af en elektrisk pære



Ved kalorimetri:

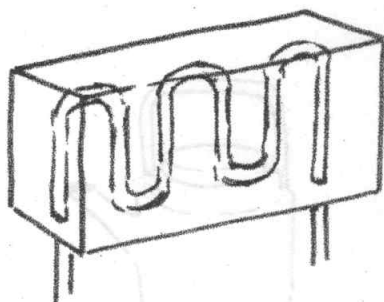
Af sikkerhedshensyn skal dette forsøg udføres med en lavspændingspære. Pæren sænkes ned i et gennemsigtigt, vandfyldt kalorimeter. Den energi der afsættes i vandet i et passende tidsinterval, måles både med kalorimeteret pakket ind i aluminiumfolie og uden.

Med pyranometer:



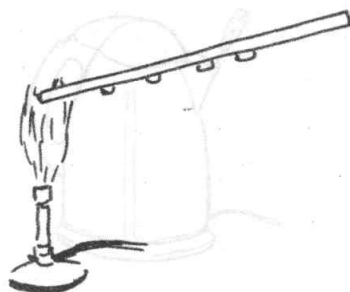
Den tilførte effekt måles direkte med et wattmeter. Lyseffekten kan bestemmes ved med pyranometeret at måle lysintensiteten i en passende afstand fra pæren (giver et rimeligt resultat selvom pyranometeret er kalibreret efter solen). Man kunne måle intensiteten i mange forskellige retninger; men man kan få et groft skøn over nyttevirkningen blot ved at antage, at intensiteten er ens i alle retninger.

Solfangere (*).



Solfangere findes i mange udgaver. Lige fra primitive hjemmebyggede til fuldt færdige professionelle anlæg. Lærerhøjskolen har udgivet en fin folder om, hvordan man selv kan bygge en af en flamingokasse (GASA har nogle velegnede), lidt kobberør, noget rockwool, en glasplade og lidt sort maling. Det mest nærliggende forsøg er at bestemme solfangerens nyttevirkning, idet intensiteten fra solen kan bestemmes med et pyranometer.

Kvalitativ demonstration af varmeledning



En række stænger af forskellige stoffer opvarmes i den ene ende, mens man holder i den anden ende. Man ser, hvornår man må give slip. Man kan også dryppe små klumper stearin på en messingstang med jævne mellemrum. Stangens ene ende opvarmes, og man ser, hvornår klumperne smelter og falder af.

Bestemmelse af flamingos varmeledningsevne.

Traditionelt laves forsøget med en ca $\frac{1}{2}\text{m} \cdot \frac{1}{2}\text{m} \cdot \frac{1}{2}\text{m}$ flamingokasse med en vægtykkelse på 2 cm. Her er energikilden almindeligvis en 50 W autopære, men med lidt forsigtighed kan en almindelig skrivebordslampe også bruges. To flamingokasser fra slagteren i supermarkedet danner tilsammen også en udmærket kasse. Godstykkelsen her er omkring 1 cm og hele kassen måler ca $10\text{cm} \cdot 10\text{cm} \cdot 20\text{cm}$. Energikilden kan her være en konstantantråd viklet op om en spritpen til en spiral og fastgjort til to krokodillenæb sat fast igennem låget. Rimelige effekter er her 5W - 15W. Husk at anbringe kassen på f.eks. nogle omvendte trefødder, da bordet under den varme kasse ikke som luften rundt om den kan forventes at have konstant temperatur. Temperaturstabiliteten indtræffer meget hurtigere i den lille kasse (man kan vise, at indsvingningstiden er proportional med kassens lineære størrelse).

Man viser, at den asymptotiske temperaturforskelle er proportional med den afsatte effekt. Herfra kan U -værdien (k -værdien) eller varmeledningsevne bestemmes.

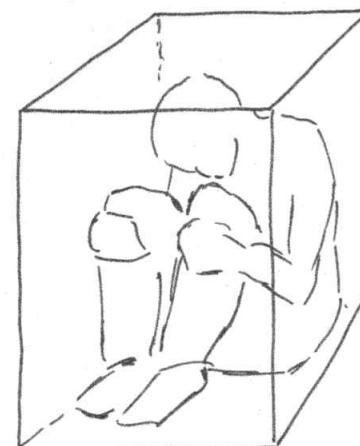
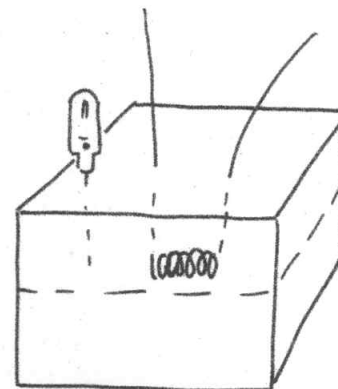
Man kan finde varmeledningsevnen for f.eks. rockwool ved at fore kassen med et rockwoollag af kendt tykkelse.

Hvis godstykkelsen ikke er forsvindende i forhold til kassens lineære dimensioner, opstår der et problem med hensyn til hjørner og kanter. Man kan vise, at det effektive overfladeareal er det aritmetriske gennemsnit af den ydre og indre overflade.

Kasser af bølgepap er også velegnede til forsøget.

Bestemmelse af en persons hvileeffekt ()*

Forsøget laves i en stor pap- eller flamingokasse. Kassens kalibreringsgraf optegnes ud fra nogle målinger med f.eks. en autopære. Derudover er det nødvendigt at bestemme den effekt, personen afgiver til forøgelse af vanddampindholdet i luften i kassen. Det gøres enten med et hygrometer eller ved at måle forskellen på visningen af et vådt og et tørt termometer. I begge tilfælde findes tabeller, der omsætter





visningen til vanddampindholdet pr kubikmeter.

Husk også at måle tiden, personen befinder sig i kassen.

Det er interessant og betryggende for eleverne at udregne, hvor meget ilt, der er til rådighed i kassen, og hvor meget forsøgspersonen må forventes at bruge på $\frac{1}{2}$ time.

Nyttevirkningen ved fysisk arbejde (*).

Forsøget foretages helt som det forrige. Nu anbringes eleven blot på en kondicykel inde i kassen, eller han/hun udrustes med en fjederespander. Det fysiske arbejde kan bestemmes ud fra kondicyklens oplysninger om gnidningskraften og den tilbagelagte vej eller for fjederespanderens vedkommende ved at måle fjederkraften.

Her er det særligt relevant at regne på den iltmængde, der er til rådighed i kassen.

Det tilrådes at holde et vågent øje med forsøgspersonen, mens forsøget udføres og at have væske klar efter forsøget, da der kan blive ganske varmt i kassen.

Tøjs isoleringsevne (*).

Isoleringsevnen af forskellige beklædningsdele kan undersøges på flere måder. Man kan finde afkølingskurven for f.eks en vandfyldt beholder med og uden en overtræksstrømpe, eller man kan anbringe et passende varmelegeme (varmepude, varmedunk eller lignende) i en jakke eller i en sovepose. Afsættes alle resultaterne for de forskellige beklædningsdele på en graf med isoleringsevnen som funktion af tykkelsen, ligger de alle på samme linie. Det er luften i tøjet, der isolerer. Forsøg af denne type bliver naturligvis ikke særligt nøjagtige.

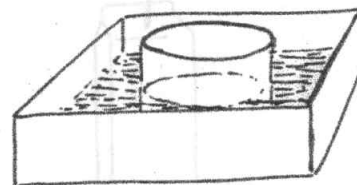
Varmeledningsevnen for glas

En krystallisationsskål anbringes midt i et glaskar, så bunden af skålen slutter så tæt som muligt til bunden af karret. Karret og skålen fyldes til samme højde med henholdsvis koldt og varmt (men ikke kogende vand). Temperaturen af det varme og kolde vand følges



f.eks. vha en computer. Det er vigtigt, at der hele tiden røres godt rundt i begge reservoirer. Ud fra graferne for temperaturerne som funktion af tiden kan varmeledningsevnen for glas findes. Data-behandlingen er ikke helt simpel, idet både grafernes tangenthældning og forskel i funktionsværdi skal anvendes. Man kan starte med at vise, at den af det varme vand afgivne effekt tilnærmelsesvist er lig den af det kolde vand modtagne effekt. Databehandlingen kan gøres lidt mere overskuelig ved som det kolde reservoir at bruge en blanding af is og vand. Det er dog her vanskeligt at holde temperaturligevægt. Tykkelsen af glasvæggen måles med en mikrometerskrue. Vær opmærksom på, at skålen ofte er lidt tykkere i den øverste kant.

Man kan ved et lignende forsøg prøve at måle U -værdien (k -værdien) for kobberbunden i en gryde. Gryden anbringes så godt som muligt så kun bunden er i kontakt med det kolde reservoir. Varmedudvekslingen sker dog her meget hurtigt, så det er meget vanskeligt at opretholde temperaturligevægt i de to reservoirer. Den fundne U -værdi bliver i praksis alt for stor.



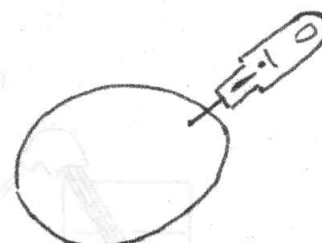
Effektafgivelsen fra en hånd i vand (take home lab)

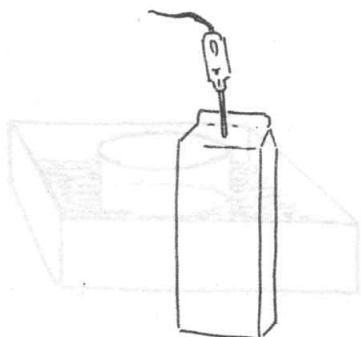
Anbringes hånden i en relativt lille skål med vand, er det muligt at måle temperaturstigningen i vandet efter 15 - 20 min. Forsøget er naturligvis meget upræcist og måske ikke helt let at fortolke.



Afkølingskurven for et æg, en thekande el. lign. (take home lab)

Et æg koges ca. et kvarter, hvorefter en termoføler stikkes ind midt i ægget. Husk at måle omgivelsernes temperatur. Afkølingen af ægget sker tilsyneladende primært ved konvektion, idet æggets farve ikke har nogen målbar indflydelse på, hvor hurtigt det afkøles.





Opvarmningskurven for is/vand

Et mælkekarton med vand fryses, og efter et døgn's tid kan der bores et dybt hul i isklumpen til termoføleren til et digitaltermometer. Temperaturen følges vha en computer i ca. $\frac{1}{2}$ døgn. Husk at fastgøre termoføleren i et stativ.

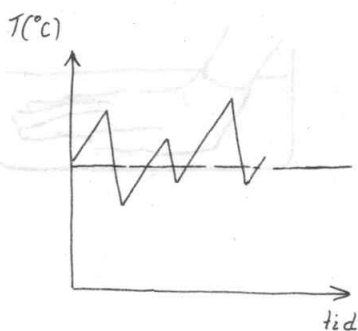
Naftalins og fikkersalts afkølingskurver

Stoffet opvarmes i et reagensglas. Med lidt held underafkøles fikkersaltet, og størkningen indtræder først, når der tilsættes et lille fikkersaltskorn. Forsøget er velegnet til datafangst.



Is specifikke smeltevarme

Klassisk elevforsøg hvor isterninger opløses i vand i et flamingokrus. For at kende isterningernes temperatur lægges de i en is-vand blanding. Husk, at isterningerne skal aftørres grundigt før blandingen. Temperaturændringen for vandet bør foregå symmetrisk om stuetemperaturen.



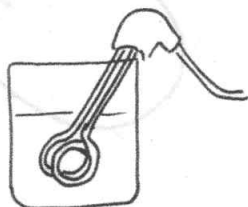
Man kan også lade en dyppekoger opvarme noget vand i et bæger. Når temperaturen er nået nogle få grader over stuetemperatur, smides et stykke is (ved 0°C) i, så temperaturen falder til nogle få grader under stuetemperatur. Sådan fortsættes, idet man prøver på at holde temperaturen jævnt fordelt omkring stuetemperaturen. Hvis man afslutter forsøget så start- og sluttemperatur er ens, er al energien fra dyppekogeren brugt til at smelte isen og opvarme smeltevandet.

Vands specifikke fordampningsvarme

Klassisk elevforsøg der kan udføres på flere forskellige måder.

En metode er at lede vanddamp ned i koldt vand og måle temperaturstigningen og masseforøgelsen.

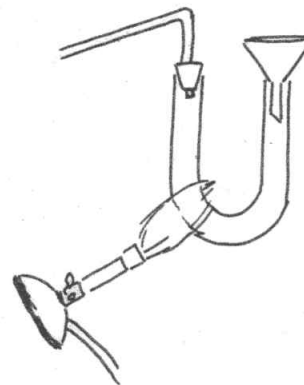
En anden er at måle, hvor meget vand en lille dyppekoger kan fordampe på en passende tid. Hvis man



først opvarmer vandet med den samme dyppekoger, kan man bruge opvarmningen til at bestemme dyppekogerens effekt.

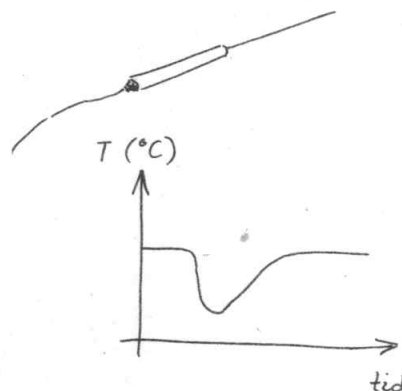
En kaffemaskines virkemåde ()*

Princippet i en kaffemaskine kan vises med et u-rør i hvis ene ende er anbragt en prop med et bøjet glasrør, mens der i den anden ende er en tragt til påfyldning af vand. Varmes forsigtigt på røret som vist på figuren, kommer der varmt vand ud af glasrøret. På opvarmningsstedet dannes dampbobler, der når de stiger opad og udvider sig, river varmt vand med.



Fordampning af f.eks. sprit fra en termoføler

En termoføler dyppes i sprit eller en anden letfordampelig væske, og temperaturudviklingen følges. Der er en nyere studentereksamensopgave (maj 93), der netop handler om dette. Det er samme princip, der anvendes i en våd lædersæk eller lerkrukke til køling af vin eller vand.



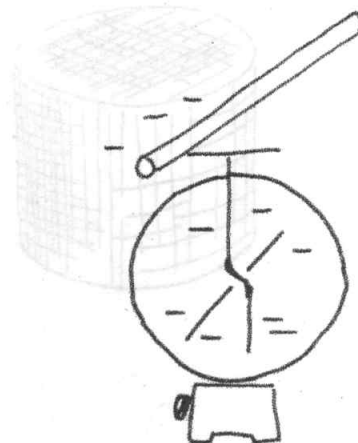
Ellære

Statisk elektricitet.

Gnidningselektricitet kan demonstreres vha lakstænger og glasstænger eller med meget større sikkerhed med plastikstænger og skindet af en død kat; men næsten alle moderne syntetiske stoffer kan bruges. Kraftpåvirkningen vises vha hår, papirstykker eller andre stumper af isolatorer eller med et elektroskop. Statisk elektriske forsøgs succes er meget afhængig af lav luftfugtighed. De fungerer langt bedst i fyringssæsonen. Lad eventuelt apparaterne stå en time på radiatoren.

Statisk elektricitet kan også påvises blot ved at gnide fødderne mod et nylontæppe eller lign.

Lukkes en kuvert op i mørke ses et blåt lys. Der er her divergerende meninger om årsagen.

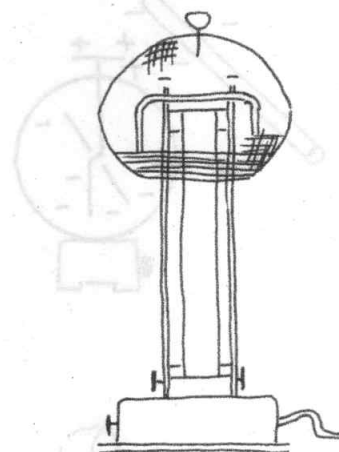


Van de Graaff generator

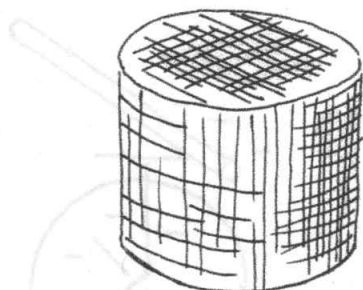
Findes i alle skolesamlinger i forskellige udgaver. Virker opladningen ikke tilfredsstillende kan det hjælpe at holde et katteskind eller lignende mod båndet. Kuglen kan aflades uden ubehag ved at holde stramt om en metalnøgle og holde spidsen af nøglen hen mod kuglen.

Ladningen på kuglen kan påvises ved at forbinde den til et elektroskop eller mere spektakulært ved at anbringe et bundt papirstrimler, der er samlet i den ene ende på kuglen. En papirkrokodille med to stykker papir som gab er også set. Sætter man en flad skål med konfetti på kuglen, spredes konfettien over et stort område. Det er også muligt at oplade personer vha Van de Graaff. Det kan dog være skadeligt for folk med svagt hjerte. Anbringes personen på en skammel, der isolerer ham eller hende fra gulvet, vil håret på personen rejse sig. Det virker bedst med hår med en længde på 10 cm - 15 cm. Holder personen nogle flamingostykker i sin knyttede hånd fra forsøgets begyndelse, vil de spredes voldsomt når han/hun giver slip.

De gamle forsøg med at samle mønter op i bunden af en vandfyldt beholder, bør undgås.



Faradaybur



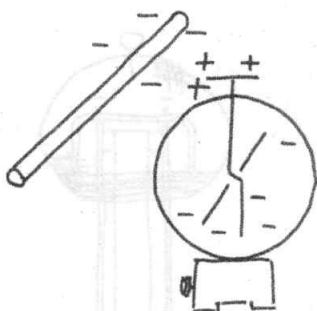
Et faradaybur laves ofte af ståltrådsnet. Her skal man blot huske, at buret kun virker for bølgelængder, der er væsentligt større end hullerne i nettet. At det statiske felt er nul inde i buret kan vises med hylde-marvskugler. Buret kan også laves af en metal papirkurv med metallæg. I en sådan kan man vise, at en mobiltelefon, man ringer til, ikke registrerer opkaldet, ligesom en radio ikke spiller.

Gastænder som højspændingskube



En elektrisk gastænder giver en spændingsforskel på 5 - 10 kV. Den kan blandt andet bruges til at undersøge gnistlængden i luft.

Polarisation.



Almindeligvis oplades et elektroskop ved at man skraber ladninger af en opladet stang. Nærmes stangen i stedet til elektroskopet uden berøring og uden der springer en gnist, slår elektroskopet også ud, idet der sker en polarisation i elektroskopet. Fjernes stangen falder elektroskopet atter til ro.

Afbøjning af vandstråle vha ladet stang.

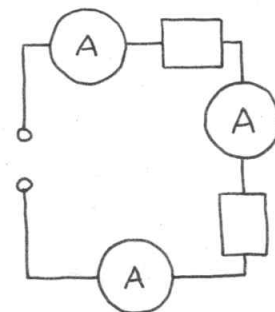


En ladet plastikstang kan afbøje strålen fra en vandhane. Det er et polarisationsfænomen, der har at gøre med vandets polære natur, men den helt præcise forklaring giver altid meget lange diskussioner, specielt blandt kemikere.

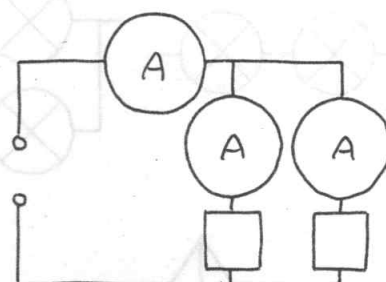
Strømstyrken i et uforgrenet kredsløb

Simpelt men illustrativt forsøg til at vise, at strømstyrken er ens alle steder i et uforgrenet kredsløb.

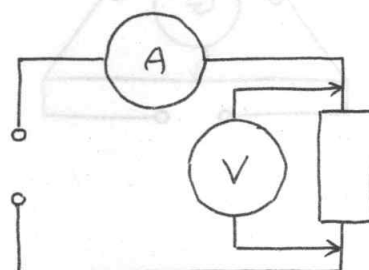
Lav en serieforbindelse vha et par konstantantråde og anbring 3 amperemetre i kredsløbet.

*Eftervisning af Kirchhoffs 1. lov*

Som foregående forsøg. Nu anvendes blot et parallelkredsløb.

*Ohms 1. lov*

Anvend f.eks. et stykke konstantantråd og mål sammenhørende værdier af strømstyrke og spændingsforskel. Forsøget kan let laves med automatisk graftegning enten på x-y-skriver eller på en computer, men man bør overveje, om ikke simpel opskrivning af resultaterne og håndtegning af grafen er mere lærerigt, i hvert fald hvis forsøget som det er sædvanen laves i 1.g.

*Strøm-spændingskarakteristik for nogle ikke Ohmske komponenter*

Der er naturligvis et ual af komponenter at vælge imellem. Erfaringsmæssigt har elpærer (hhv. metaltråds- og kultrådspærer) en god pædagogisk virkning. Man kan også med fordel bruge forskellige typer dioder.

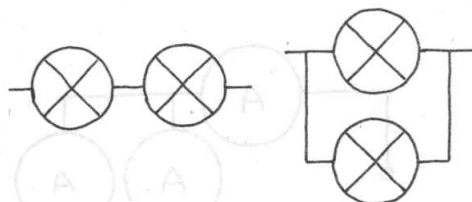
Eftervisning af formlerne for erstatningsresistanterne ved serie- og parallelforbindelser

Traditionelle elevforsøg. Man kan blot bruge konstantantråde som resistanser. De moderne digitalmultimetre er her en stor pædagogisk hjælp, da de nye type forsøg ikke mere drukner i problemer med at aflæse korrekt på metrene.

Den indre resistans i et amperemeter og i et voltmeter

Sættes et amperemeter og et voltmeter i serie kan voltmeterets indre resistans direkte bestemmes, sættes de i parallel (husk formodstand) bestemmes amperemeterets indre resistans.

Svag og kraftig pære i serie og parallel



Sættes en 25 W og en 100 W pære i parallel lyser 100 W pæren kraftigst. Sættes de i serie er det modsat.

Modstandsmåling (*)

Godt elevprojekt, hvor målinger ved substitutionsmetoden, volt-/amperemeter metoden og f.eks. Wheatstones bro sammenlignes. Metoderne er gennemgået i alle ældre fysikbøger f.eks. Fysik i Grundtræk 1B.

Mikrobølgeovnen (*)

Mikrobølgeovnens fysik er gennemgået i et lille hæfte: Malte Olsen: Mikrobølgeovnens fysik, Fysikforlaget.

En tråds resistans (resistivitet)

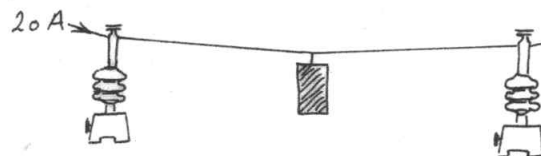
Forsøget er meget velegnet til et minieleverprojekt, hvor man lader eleverne opstille en hypotese og selv efterprøve den.

Glødetråd lyser op når noget af den kommer i vand

En spiralformet jerntråd (ikke konstantan) bringes til at gløde i luft vha en almindelig spændingskube. Hvis det meste af spiralen sænkes ned i vand, lyser det resterende af den op, da den samlede modstand i tråden falder.

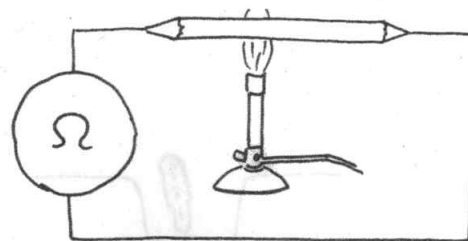
Jerntråds forlængelse

En lang jerntråd belastes midtpå med et lod. Sendes en strøm på ca 20 A gennem tråden forlænges den. Hvis man kan få tråden op på en temperatur på ca 900 °C, vil den begynde at forkortes igen på grund af en faseændring i jernet.



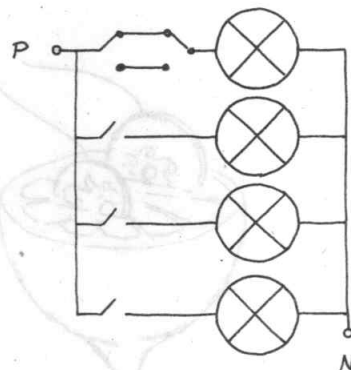
En blyants modstand aftager med temperaturen

En blyant, der er spidset i begge ender anbringes i et kredsløb og modstanden af kulstangen i blyanten måles. Træet i blyanten antændes med en bunsenbrænder. Resistansen i kulstangen vil falde efterhånden som den varmes op, men det varer lidt pga træets ringe varmeledningsevne.



Opvarmningskurven for en glødepære

Med tilstrækkeligt hurtigt dataudstyr er det muligt at følge opvarmningen af en glødetrådspære ved at måle, hvordan strømstyrken gennem pærer aftager i de første millisekunder. En autospære varmer lidt langsommere op.

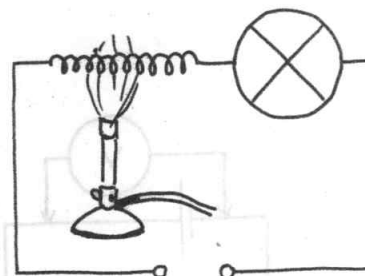


El-installationen i et hus

Kan laves på et sømbræt eller i et rigtigt dukkehus. På sømbrættet kan lamperne være lysdioder (med passende formodstande) og kontakterne kan være clips. Lav korrespondancelys i gangen.

Påvisning af at en jerntråds modstand vokser med temperaturen

En jerntråd på ca 2 m rulles op i en lille spiral og sættes i serie med en 6V 1A pære. Der pålægges spænding så lampen lyser klart. Med en bunsenbrænder opvarmes tråden indtil pæren slukker. Det er vigtigt at tråden er så lang, at den er den strømbe-grænsende faktor i kredsløbet.



Temperaturen af en almindelig 230V - pære.

Den kolde pæres modstand måles med et ohmmeter. Pæren tilsluttes sin driftsspænding, og modstanden måles igen. Glødetrådets temperatur kan da bestemmes ud fra kendskab til trådens modstandstemperaturkoefficient, idet man nok noget urealistisk antager, at modstanden er en lineær funktion af temperaturen også over det meget store temperaturinterval. Modstandstemperaturkoefficienten er angivet i Databogen. Forbindes pæren over en variotransformer kan glødetemperaturen findes på tilsvarende måde.

Joules lov

Traditionelt elevforsøg. Laves enten med færdigdesignedt udstyr eller i flamingokrus. Varmetråden kan være en konstantantråd, der har været viklet op om en spritpen. Tråden fastgøres med et par krokodille-næb (pas på, flamingoen smelter ved for store strømstyrker).

Man kan også anvende en 0,5 W modstand. Den kan nede i vandet tåle en langt større effekt.

Et element til 1,25 kr

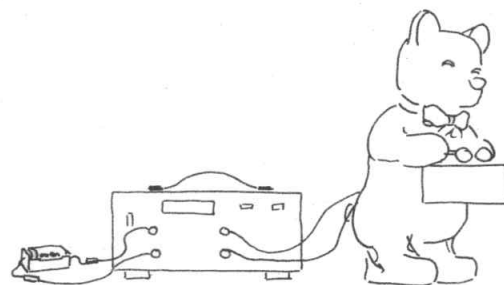
Et element kan laves af en 1 krone og en 25 øre stukket ned i en halv citron eller et æble. Det er vigtigt, at der er god elektrisk kontakt, så mønterne bør på forhånd rengøres f.eks. i lidt syre. I citronen hjælper det af ødelægge ribberne og sørge for, at der er godt med væske omkring mønterne. Trods disse forberedelser er forsøget alligevel vanskeligt at få til at virke i praksis.

Eksperimentel udledning af Ohms 2. lov

Et elements karakteristik optegnes idet det belastes med en dekaderesistor. Da den indre resistans af almindelige elementer er meget lille kan det være nødvendigt på forhånd at forsyne elementet med en ekstra (skjult) resistans.

Energiindholdet i batterier

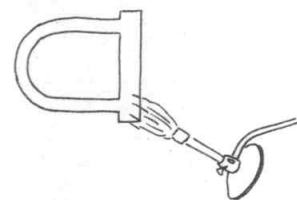
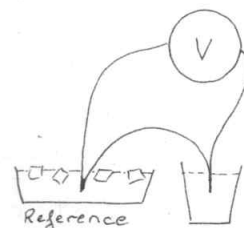
Batteriet belastes f.eks. med en spillebamse og det samlede energiindhold kan måles direkte med et energimeter eller man kan vha et wattmeter og datafangst afbilde effekten som funktion af tiden. De fleste wattmetre og energimetre har en mindste strømstyrke og spændingsforskel, hvor de kan måle. Den sidste rest energi i batteriet bliver derfor ikke målt med.



Termoelektricitet

Termoelementer kan laves f.eks. af kobber og konstantan. De nødvendige tabelværdier står i Data-bogen.

Sammenloddess en kraftig konstantanstang ($\varnothing 12$ mm) med en kobberbøjle ($\varnothing 10$ mm) fås en termomagnet. Opvarmes det ene loddested kraftigt over en bunsenbrænder, mens det andet holdes afkølet, vil termospændingen give en kraftig strøm i ringen og dermed et magnetfelt kraftigt nok til at bære et 5 kg lod. Virkningen ophører, efterhånden som ringen afkøles. Bøjlerne kan købes færdiglavede.



Undersøgelse af ting fra hverdagen(*)

For alle tingene gælder, at man både kan undersøge virkemåden og nyttevirksomheden. Vi kan nævne

- kaffemaskiner
- kogeplader
- batteritestere (følger i dag med nogle batterier)
- opladere til akkumulatorer
- legetøjsmotorer
- bevægelsesfølere

Solceller (*)

Man kan undersøge, hvordan solcellens karakteristisk afhænger af såvel intensiteten som farven af det lys, den belyses med.

En del skoler råder efterhånden over professionelle solcelleanlæg, hvor et solcellepanel er koblet til en



akkumulator via et laderelæ. Her kan der laves realistiske forsøg over anlægets nyttevirkning.

Analog og digitalelektronik (**)

Såvel analog- som digitalelektronik danner grundlag for mange gode projektarbejder. Der findes vejledninger i mange af de nyere fysikbøger (f.eks. Fysikkens Verden 1, 2. udgave 1994). Elektronikprojekter kræver nøje planlægning, idet de har en tendens til at ende som byggeprojekter, hvis hovedformål bliver at få tingene sat sammen.

Sparepærer og lysstofrør (**)

Virkemåden er beskrevet i mange reklamefoldere fra de forskellige firmaer, der fremstiller sparepærer og lysstofrør. Nogle skoler råder også over demonstrationsopstillinger. Strømstyrke og spændingsforskel kan vises (af læreren) på et dobbeltstråleoscilloskop.

Mekanik (obli)

Nogle hverdagstings kinematik

Bevægelse med konstant fart kan vises med en lege-tøjsbil eller en rulleskøjtevoan. Man kan lave en bane på gulvet med opstregning f.eks. for hver meter og så udruste et antal elever med hver sit stopur.

Tilsvarende kan bevægelse med konstant acceleration illustreres med en cykel. Her skal der være 5 m - 10 m mellem stregerne på en ca. 100 m lang bane. Man kan f.eks. aftale med cyklisten, at han/hun træder de første 40 m, ruller de næste 30 m og bremser de sidste 30 m. Cyklen bør være i højeste gear for ikke at få for store accelerationer.

(t, v)-grafer kan illustreres ved at lade eleverne opskrive farten hvert 10 s, når de er med på en køretur i by-trafik. Aflæses samtidigt på triptælleren hvor lang turen har været, kan resultatet kontrolleres ved at bestemme arealet under (t, v)-grafene (ved at tælle tern).

Et tog, der starter fra en perron, udfører med stor præcision en bevægelse med konstant acceleration.

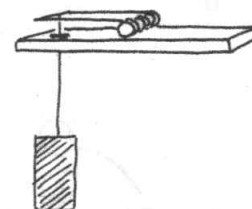
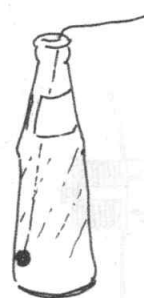
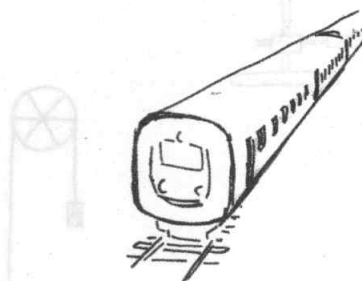
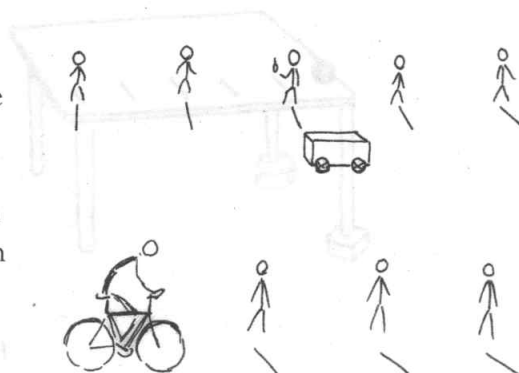
Det kan man eftervise ved at måle tiden for hver vogns passage af det sted, forreste ende af toget startede fra. Længden af vognene står på vognene eller kan for de nye IC-togs vedkommende fås oplyst på stationen.

Accelerometer

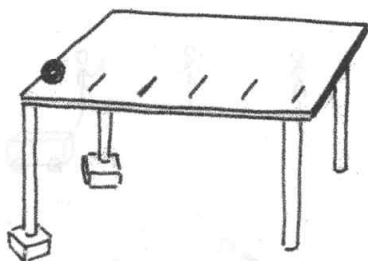
Et accelerometer, der kan måle vandrette accelerationer kan laves ved at ophænge en perle i en snor i en sodavandsflaske. Under accelerationen justeres snorlængden til perlen rører væggen. Snoren kan direkte inddeles i m/s^2 .

Vægtløshed

En musefælde holdes spændt vha et 500 g lod op-hængt i en snor gennem et hul i bundpladen af fæl-den. Så snart fælden slippes, klapper den.



En kugles bevægelse på et skråplan



Et skråplan kan laves af et almindeligt skolebord og et par træklodser eller et par bøger. Man kan enten måle tiden for passage af en række ækvidistante linier, eller man kan sætte mærker på bordet ud for kuglen efter lige lange tidsintervaller. Det sidste kan gøres i takt til et stykke musik, som nogen (vistnok med urette) påstår Galilei gjorde det. Vær opmærksom på, at accelerationen pga kuglens rotation bliver mindre end for en tilsvarende klods på et glat skråplan ($5/7$ af klodsens acceleration).

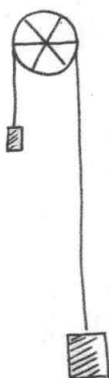
Frit fald

Der er adskillige måder at vise frit fald:

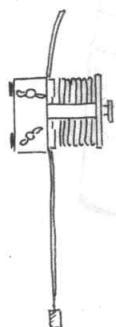


a) Videooptagelse af f.eks. en golfbold (fremgangsmåden er beskrevet under videooptagelse af lodret kast).

b) Faldende kugle med elektronisk tidtagning. Kuglen hænger i en elektromagnet (brug vekselstrøm). Når magneten udløses starter uret, der stopper, når kuglen rammer en lille metalplade, der virker som kontakt.



c) Man kan lade et faldende lod trække Smart-Pulley'en. Det er her nødvendigt at have et let lod i den anden ende af snoren for at holde snoren stram på Smart-Pulley hjulet. Computeren tegner her direkte (t,v) -grafen og beregner accelerationen.



d) Med en CBR eller en CBL plus en motion detector kan en genstands bevægelse undersøges direkte på en lommeregner.

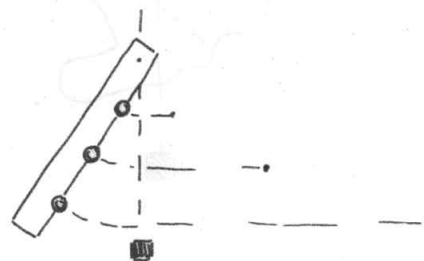
e) Man kan lade et faldende lod trække en papirstrimmel gennem en timer. Dette forsøg virker dog ofte mindre gennemskueligt på eleverne.

Bremselængde



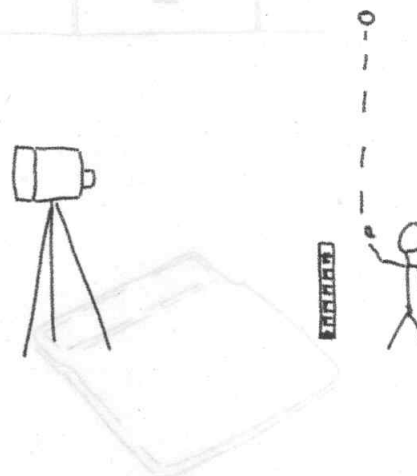
At bremselængden vokser proportionalt med kvadratet på farten kan vises ved at måle bremsesporer fra en cykel. Det er bedst på en cindersbane, hvor bremsesporer er let at se. Farten inden opbremsningen måles lettest på en cykelcomputer.

Man kan også se på opbremsningen af tre blylodder, der er sat i bevægelse vha en træstang, der drejes om et fast punkt. Der laves 3 udskæringer i stangen, og den fastgøres vandret i et omdrejningspunkt på bordet. Omdrejningspunktet og udskæringerne skal være ækvidistante. En skruetvinge fastgøres på bordet som stop for drejningen. Ved at dreje stangen hurtigt frem mod stoppet, får lodderne fart i forholdet 1:2:3. Med lidt held får man bremselængder i forholdet 1:4:9.



Videoptagelse af lodret kast

Man kan lade en fjederkanon skyde en kugle lodret op, men det er tilstrækkeligt at kaste en eller anden bold lodret op. Husk, at der skal en målestok med i billedet, og at kameraet ikke må stå alt for tæt på. Billederne analyseres vha en enkeltbilledfremviser (de fleste lidt dyrere nyere videoer kan vise enkeltbilleder). En transparent sættes på TV-skærmen med tape eller blot vha den statiske elektricitet, og kuglens position afmærkes for hvert billede. Tiden mellem billederne er 0,04 s.



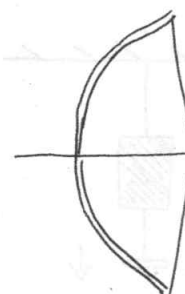
Videoptagelser af sportspræstationer

Brugen af video fremgår af forrige forsøg. Mange forskellige sportsbegivenheder, måske specielt atletik er velegnede, f.eks. starten på et 100 m løb, tilløbet til længdespring og på højt niveau kuglestødskuglens bane. Man kan også analysere kræfterne i afsættet i længdespring eller højdespring. Man kan selv optage billederne eller tage dem fra fjernsynet.



Flitsbuer

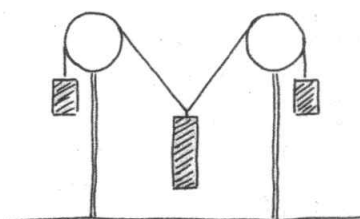
En flitsbue kan laves af en stang og et stykke ventilgummi. Måles kraften som funktion af den længde flitsbuen spændes, kan det af buen udførte arbejde beregnes som arealet under grafen. Man kan så måle stighøjden for pilen som funktion af det udførte arbejde og dermed finde nyttevirkningen.





Bestemmelse af en papfigurs massemidtpunkt

Massemidtpunktet af en vilkårlig udklippet figur kan findes som skæringspunktet mellem lodlinierne fra to forskellige ophængningspunkter.



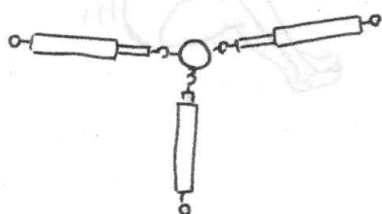
Kvalitativ demonstration af kræfters sammensætning

To trisser anbringes tæt ved siden af hinanden. Snorene på trisserne bærer i fællesskab et 200 g lod, idet hver trisse på den anden side er belastet med et 100 g lod. Når de to trisser trækkes bort fra hinanden, vil 200 g loddet synke ned.



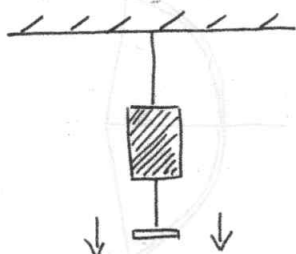
Badevægt som kraftmåler

Vil man måle kræfter af størrelsesordenen 100 N - 1000 N er en badevægt velegnet. Man kan f.eks. måle den kraft, der skal til at skubbe en bil i gang.



Kræfters sammensætning

Sammensætning af kræfter kan vises med 3 dynamometre, der griber i et fælles punkt, eller med et lod ophængt i to dynamometre. Det sidste gøres med fordel foran tavlen.

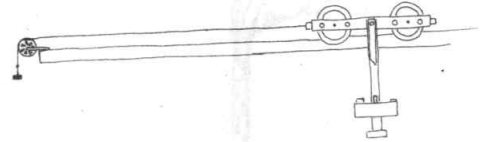


Inertiens lov

Et lod ophænges i en snor og et håndtag ophænges i en snor af samme slags fra loddets underside. Trækker man langsomt i håndtaget, brister den øverste snor, trækker man hurtigt, brister den nederste.

Eftervisning af Newtons 2. lov

Newtons 2. lov eftervises traditionelt ved at trække en vogn vha et lille lod. Man kan enten bruge en luftpudebane eller en almindelig kørebane. Man måler accelerationen som funktion af den samlede masse og som funktion af den resulterende kraft. Smart Pulley'en er her en stor fordel, idet forsøgets pointe ellers let kan drukne i accelerationsberegninger. Smart Pulley'en og det tilhørende software viser direkte (t,v) -grafene på computerskærmen.

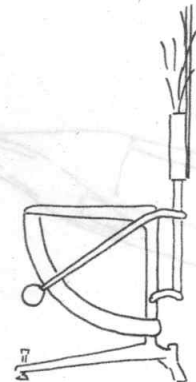


Arbejde udført vha taljer

Man kan vise, at arbejdet er uafhængigt af, hvor mange trisser der er i taljeblokken, simpelthen ved at måle trækkeet i snoren og den længde snor, der trækkes ind.

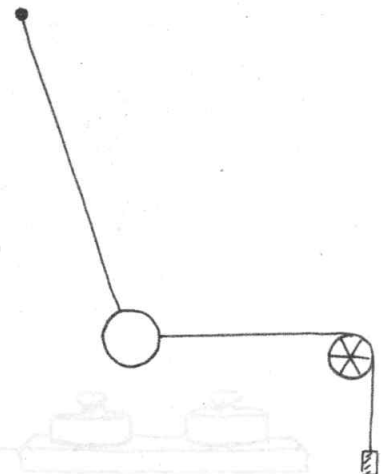
Nytårsraketter

I små nytårsraketter kan man fjerne selve fyrværkeriladningen ved forsigtigt at åbne raketten øverst og hælde ladningen ud. Så anbringes raketten omvendt på en vægt. Man kan f.eks. sætte den fast i stangen på en gammeldags mekanisk brev vægt. Raketten antændes og kraften fra drivladningen kan aflæses (forsøget foregår med fordel udendørs). Måler man også tiden, drivladningen brænder, kan raketten stighøjde forudberegnes. Resultatet kan efterprøves f.eks. vha videooptagelser.

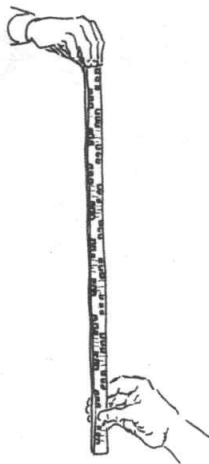


Bevarelse af mekanisk energi

Det er lettest at vise ved svingende systemer, men også en rulleskøjtevogn og et skråplan kan bruges (hjulenes rotationsenergi giver her en fejlkilde). Det svingende system kan være et lod, hvor man undersøger sammenhængen mellem starthøjden og farten ved passagen af ligevægtsstillingen. Er loddet en plade ophængt i to snore kan en sædvanlig fotocelleopstilling bruges, eller det kan være et tungt lod, der trækker en timerstrimmel eller som via en snor er forbundet til en Smart Pulley (eventuelt den nye to vejs, hvor energiformerne kan undersøges gennem hele bevægelsen).



Brug af lineal som reaktionstidsmåler

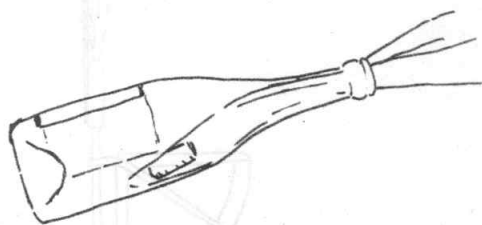


En person holder en lineal lodret, mens forsøgspersonen holder med fingrene rundt om linealens nulstreg uden at røre linealen. Når linealen slippes kan man ud fra hvor personen griber den regne sig til hans eller hendes reaktionstid. Forsøget findes også som et værtshusspil. Her anvendes 100 kr sedler.

Lineal på to fingre

Linealen holdes på pegefingrene. Når fingrene flyttes ind mod hinanden, glider linealen ikke jævnt, men forskubber sig på skift på fingrene.

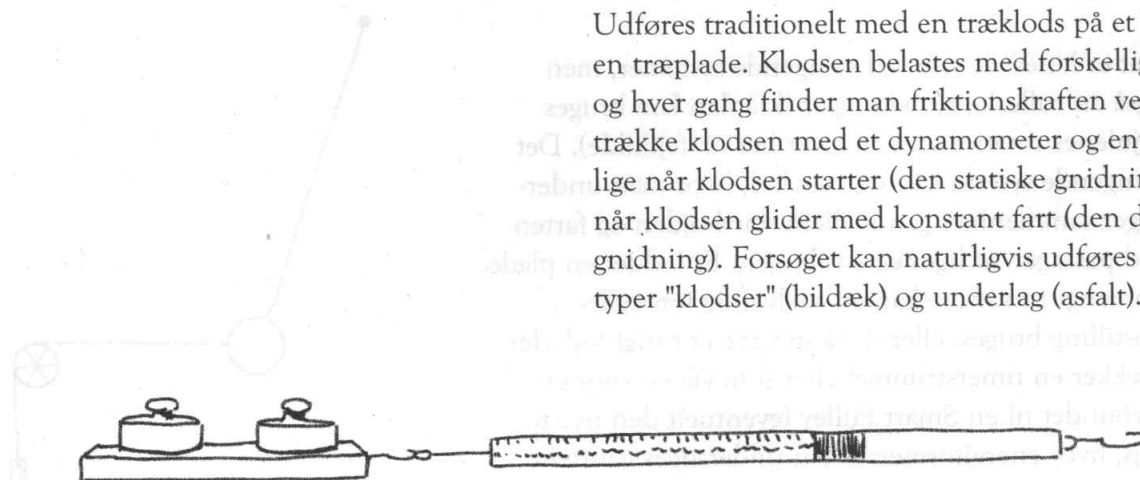
Prop op af flaske



Skub proppen helt ned i en tom vinflaske. Med forsigtighed og lidt tålmodighed kan man få proppen til at hvile på hjørnet af en tøjserviet, man har stoppet ned gennem halsen på flasken. Ved at trække i servietten kan man trække proppen med op, da friktionen mellem prop og serviet er meget større end mellem glas og prop.

Coulombs gnidningslov.

Udføres traditionelt med en træklods på et bord eller en træplade. Klodsen belastes med forskellige lodder og hver gang finder man friktionskraften ved at trække klodsen med et dynamometer og enten aflæse lige når klodsen starter (den statiske gnidning) eller når klodsen glider med konstant fart (den dynamiske gnidning). Forsøget kan naturligvis udføres med alle typer "klodser" (bildæk) og underlag (asfalt).



Stokes' lov (*)

Et langt glasrør fyldes med glycerol, og man undersøger forskellige kuglers fald gennem væsken. Kuglernes fart bliver meget hurtigt konstant, hvorfor forsøget giver en sammenhæng mellem kuglens fart og friktionskraften.

Faldende kegler (*)

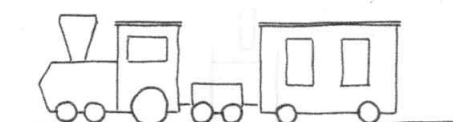
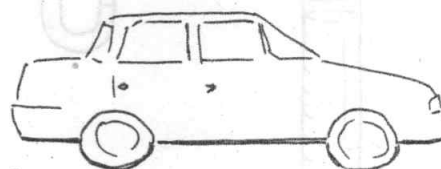
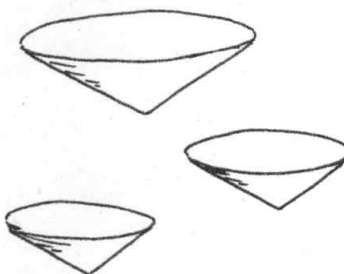
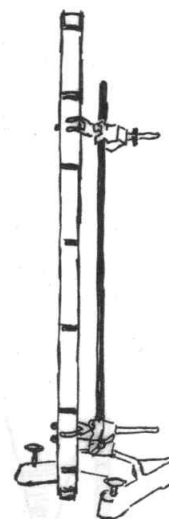
Gnidning i luft kan undersøges ved at lade papkegler falde fra nogle meters højde. I løbet af mindre end en meters fald opnår keglene konstant fart. Luftmodstanden på keglene kan derfor bestemmes som tyngdekraften på keglen. Man kan variere en kegles fart ved at belaste den med f.eks. papirclips. Laver man af samme materiale en række kegler med samme åbningsvinkel kan man vise, at luftmodstanden er proportional med keglernes tværsnitsareal, idet de alle falder lige hurtigt. Man kan også prøve at variere keglernes åbningsvinkel. Her er sammenhængen dog vanskeligere at påvise.

 c_w -værdien for en bil (*)

Forsøget kræver en rimelig jævn og ubefærdet vejstrækning på omkring 1 km. Det er lettest, hvis der er 100 m afmærkninger på vejen. Ved indgangen til vejstrækningen, hvor farten bør være 80 - 100 km/h, sættes bilen i frigear og sammenhørende værdier af fart og tid aflæses. Det er lettest at indtale farten på en båndoptager. Forsøget gentages fra den anden ende af vejstrækningen. Udfra resultaterne kan c_w -værdien bestemmes f.eks. ved at tegne accelerationen som funktion af kvadratet på farten.

Modeltog (*)

Modeltog kan bruges til at vise både lineære og cirkulære bevægelser. Vil man se på energiomsætning, kan man lade toget trække af en solcelle. Mange har nok drømt om at have et modeltog i stor udgave i skolens gårdhave.



Hoppende golfbold

Ved en golfbolds stød mod gulvet omsættes en bestemt del af den mekaniske energi til varme. Højden er derfor en eksponentielt aftagende funktion af hopnummeret. Bevægelsen kan optages med en CBL-enhed, eller man kan med en computertilsluttet mikrofon optegne tiden mellem stødene mod gulvet.

Vandstanden i forgrenede glasrør

Nogle skolesamlinger råder over et lille apparat, hvor forskelligt udformede (ikke for snævre) glasrør er smeltet på et fælles fordelerrør. Hældes vand i, står vandet til mange elevers overraskelse lige højt i alle rørene.

Vandbarometer

Et vandbarometer kan laves af et ca 10 m langt kobberør sammensat med et glasrør, hvor skalaen skal være. Plastikrør er ikke velegnede, hvis barometeret skal bruges i længere tid. Glasrøret skal være forsynet med en vacuumventil øverst. Vandet i barometeret vil koge i lang tid efter påfyldningen. Bemærk, at barometeret vil vise lidt for lavt pga den mættede vanddamps tryk.

Vandglas holdt omvendt

Såvel helt som delvist vandfyldte glas kan holdes omvendt, blot ved at lægge et stykke papir over glasset. Man kan lave hul i papiret og putte små træpinde op i glasset.

Opdrift på Al-lod

Opdriften på et Al-lod, der sænkes ned i vand kan måles direkte på et dynamometer. Det er interessant at sætte glasset, det sænkes ned i, på en vægt.

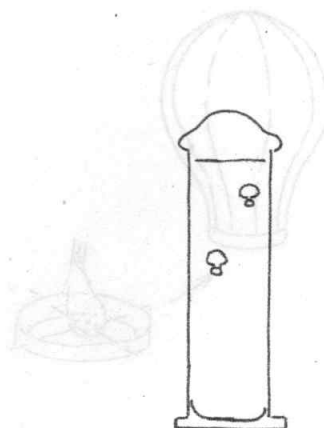
Kartesisk djævel

En kartesisk djævel er et legeme med en densitet, der er en smule mindre end vands og med den egenskab, at dets volumen formindskes ikke ubetydeligt blot ved en lille forøgelse af trykket. Legemet flyder i vandet i en lukket beholder. Øges trykket i beholderen synker djævelen. Det kan være en næsten fuld glasflaske, hvor man øger trykket ved at presse med en finger over åbningen eller det kan være en plastikflaske, hvor man kan øge trykket ved at presse på siderne. Djævelen kan fås i fabriksfremstillede udgaver, men det kan også være den yderste svovlende af en tændstik eller en ketchuppakke fra McDonald.



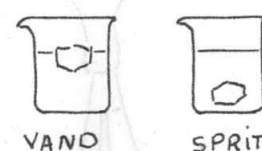
Galilei termometer

Termometeret kan købes i gavebutikker for nogle få hundrede kroner. Det består af en beholder med en væske, hvis densitet ændrer sig mærkbart med temperaturen. I væsken svæver nogle små beholdere med lidt forskellig densitet. Alt efter temperaturen synker eller stiger beholderne.



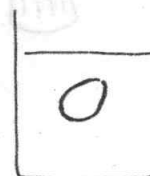
Isterninger i vand og sprit

Isterninger flyder i vand, men ikke i sprit. Hælder man forsigtigt vand i spritten, kan man finde det punkt, hvor isterningen lige netop svæver i væsken.



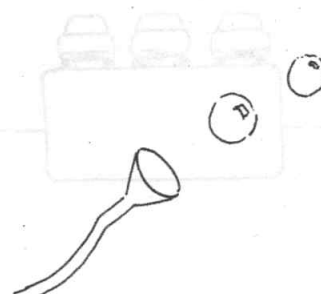
Æg i saltvand

Kogte æg synker i vand, men flyder i saltvand med passende høj saltkoncentration.



Sæbebobler med brint

En slange med en tragt dyppet i sæbevand forbindes med et brintudviklingsapparat. Sæbeboblerne kan antændes. Forsøget kræver naturligvis stor forsigtighed.

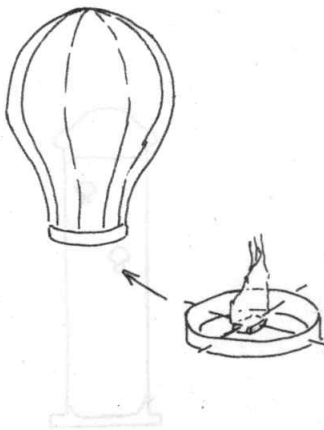


Svævende teposer



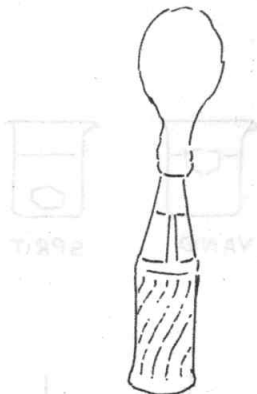
Et tebrev tømmes for te og den foldede kant rives af. Man har nu et papirrør. Røret halveres i længden, og det halve rør stilles på enden på bordet. Det kan uden problemer være det polerede kaffebord. Røret antændes i den øverste kant. Lige inden ilden når bordet, svæver det brændende rør op under loftet.

Varmluftballoner(*)



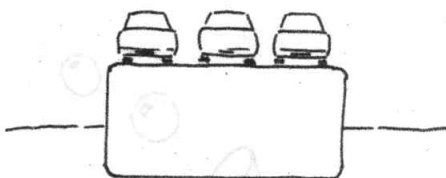
Varmluftballoner kan laves af silkepapir, der limes sammen med en limstift. Derimod er almindelige plastikposer for tunge. Man kan også anvende afdækningsplast, der svejses sammen vha et strygejern, idet der lægges en avis mellem strygejernet og plastikken. En ballon med et rumfang $0,7 - 0,8 \text{ m}^3$ kan bære sig selv og en lille stanniolholder med en sprittablet. Varmen fra sprittabletten er tilstrækkelig til at få den til at flyve.

CO₂ i sodavand



Et letoppustelig ballon sættes over en nyåbnet sodavand, og det hele vejes. Sodavanden rystes, og det vejes igen. Pga opdriften på den nu fyldte ballon, vil vægten vise mindre.

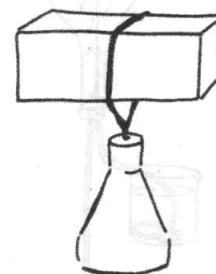
Stabilitet af færge



Modsat de fleste lastskibe har mange færger tyngdepunktet liggende over opdriftspunktet. Stabiliteten i færgen beror udelukkende på, at opdriftspunktet forskyder sig ved krængninger. Dette kan illustreres med et hytteostbæger hhv med et lod i bunden eller med legetøjsbiler anbragt på låget.

Overskæring af isklump

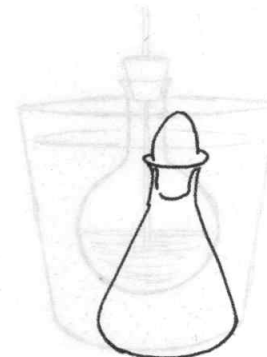
Om en isklump f.eks. frosset i en mælkekarton hænges en klavertråd belastet med et 5 kg lod. I løbet af en times tid vil tråden skære sig gennem isklodsen uden at efterlade sig spor.

**Sammenkrølning af øldåser**

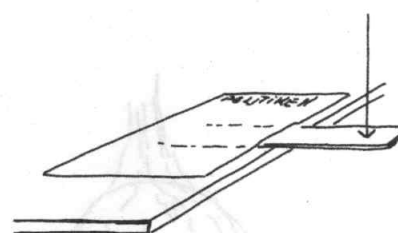
I en tom øldåse fyldes et par centimeter vand, og dåsen koges nogle minutter til den er fyldt med vanddamp. Vendes dåsen ned i et bassin med vand, krøller den sammen.

**Æg i flaske**

Noget vand koges i en konisk kolbe, idet man sikrer sig, at kolben fyldes helt med vanddamp. Et kogt, piller æg anbringes ovenpå kolben. Når kolben afkøles, spiser den ægget. Forsøget kan muligvis også laves med en almindelig ølflaske, men ægget har det her med at gå i stykker.

**Brække et bræt vha avis**

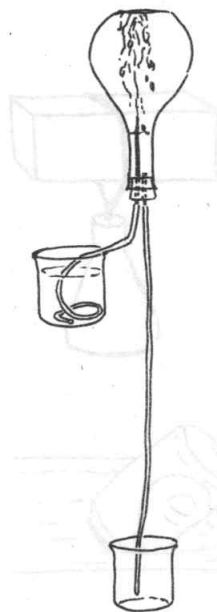
Et tyndt bræt f.eks. fra en frugtkasse lægges ud over kanten af et bord, og det vises, at man ikke kan brække det ved at slå på den frie ende. Lægges en avis, eller blot en avisside over bordenden og brættet, brækker det ved et slag mod den frie ende.

**At slå bunden ud på en flaske**

En tom ølflaske fyldes 1/3 med vand. Flaskehalsen omvikles med et lag tøj og gives et kontant slag med en gummihammer.



Heron's springvand



Springvandet laves i en lukket kolbe, der fødes fra et bægerglas på bordet og har afløb til et bægerglas på gulvet.

Springvand vha æter eller varmt vand

En kolbe forsynes med prop og stigrør. Man hælder lidt vand i kolben, men nok til at stigrørets nederste ende er dækket. Lige inden kolben lukkes tilsættes lidt æter. Trykket fra æterdampen laver et springvand. Det kan også laves ved tilsætning af kogende vand, hvis man sørger for, at rummet over vandet ikke er mættet med vanddamp, når kolben lukkes.

Højdemåling vha barometer



Trykforskellen fra bunden til toppen af et højt tårn kan påvises med et almindeligt barometer, men vil man have nøjagtige resultater kan man bruge et vandbarometer. Fyld lidt vand i en 2 L kolbe og forsyn den med prop og stigrør. Pust lidt luft ned i beholderen, så vandet i stigrøret står lidt over propen. Kolben kan anbringes i en kurv med sand, for at sikre at temperaturen er konstant.

Kogning af vand ved stuetemperatur

Vand kan koges ved stuetemperatur simpelthen ved at evakuere rummet over vandet. Brug en rundbundet kolbe til forsøget, da den bedre tåler trykforskellen.

Man kan også bringe vand til at koge ved først at koge noget vand i en kolbe på normal vis, indtil kolben er fyldt med vanddamp. Derefter lukkes kolben og stilles på hovedet ned i et tomt bægerglas. Hældes nu koldt vand over kolben, begynder vandet i den at koge.

Begge forsøg er omtalt mange steder f.eks. i: Sjove Fysikforsøg, Lademann 1975, hvor der er flotte farvefotografier af forsøgene, der her er lavet med farvet vand.



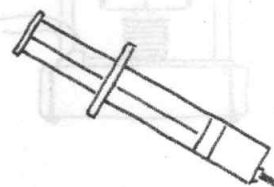
Stearinlys i et lukket glas

Et langt og et kort lys anbringes side om side i f.eks. et rødbedeglas. Lysene tændes og låget skrues på. Man kan f.eks. lade eleverne gætte på, hvilket lys der først slukker.

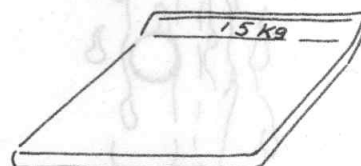


Tilstandsligningen eftervist ved brug af en injektionssprøjte

For nogle år siden blev der i LMFK-bladet beskrevet en række forsøg til eftervisning af Boyles, Charles og Gay-Lussacs love. Man anvender en 60 mL injektionssprøjte, idet spidsen hvor kanylen kan sættes fast afskæres. I hullet anbringes en maskinbolt med tilhørende fingerskrue og en gummiskive, så hullet kan lukkes lufttæt. Trykket i sprøjten kan varieres og måles ved at trykke stemplet ned mod en bagevægt eller en almindelig badevægt, der dog helst skal kunne vise ændringer på 100 g. I artiklen foreslås det, at man laver en træplade med et hul, der passer til sprøjten. Så kan man lettere holde sprøjten ned mod vægten. Pladen er dog ikke absolut nødvendig.



Boyles lov eftervises ved at aflæse samhörørende værdier af volumen og vægtens visning. Husk at aflæse barometerstanden.



Gay-Lussacs lov eftervises ved at opvarme sprøjten i et vandbad. For at få rimelige resultater bør man starte med isvand og ind i mellem lirke lidt ved stemplet, så det ikke sætter sig fast.

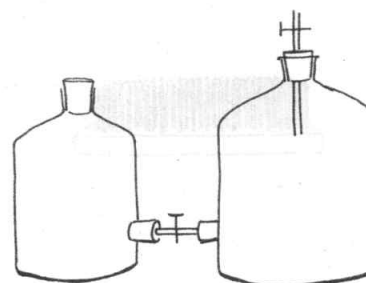
For at eftervise Charles lov må man have sprøjten spændt fast med stemplet mod vægten, samtidigt med at sprøjten opvarmes.



Sprøjterne kan også bruges til at vise sammenhængen mellem kraft og tryk, idet de fås med forskelligt stempeareal.

Daltons lov

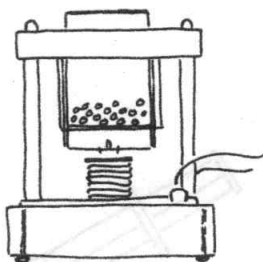
Laves ofte med et par store glasflasker og nogle vacuumventiler.





Trykket i en termokande

Trykket i en termokande vokser umiddelbart efter at den er fyldt med kogende kaffe til 1,5 - 2 atm pga trykket fra den mættede damp. Trykket er undertiden tilstrækkelig stort til at løfte proppen.



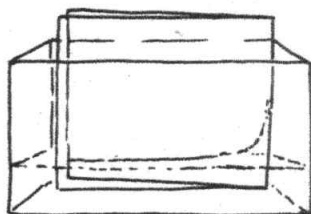
Simulering af en smeltningproces

Mange skoler råder over et lille apparat med et lag små stålkugler, der simulerer atomerne i et fast stof. En lille vibrator kan sætte kuglerne i bevægelse, og man ser, hvordan kuglerne først svinger mere og mere om deres ligevægtspositioner, for når vibrationerne bliver tilstrækkeligt store at bevæge sig frit mellem hinanden.



Guldæbler og svævende bolde

Bordtennisbolde kan holde sig "svævende" på siden af en vandstråle som guldæblerne holder sig "svævende" på Caritas springvandet på Gammel Torv i København. Friktionen mod det løbende vand holder bolden oppe, og den holdes inde ved strålen pga luftens højere fart langs vandstrålen, ligesom to stykker papir trækkes ind mod hinanden, hvis man blæser mellem dem. På samme måde kan en bordtennisbold eller som i et forretningsvindue til jul en glaskugle med en hale af glimmer holde sig svævende på luften fra en pustende støvsuger.



Hårrørvirkning

Fænomenet kan demonstreres ved at anbringe to glasplader lodret i et kar med lidt vand, så pladerne netop rører hinanden i den ene ende. Vandet vil danne en nydelig kurve mellem glassene.



Fakirbræt

Findes i mange udgaver. God illustration af trykbeget.

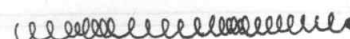
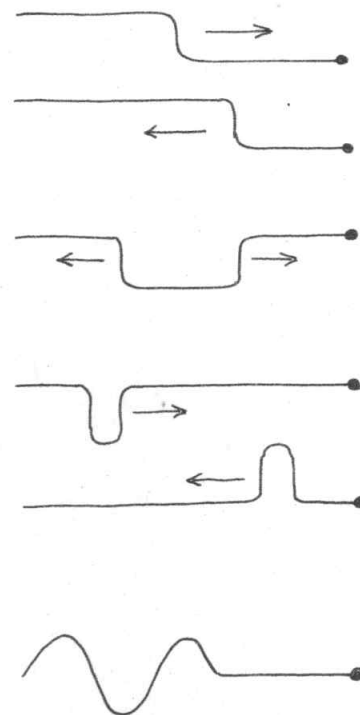
Bølgelære

Bølger på en lang fjeder

En lang fjeder (4 - 6 m, Ø 1 - 5 cm) opspændes fra en krog i væggen. Den frie ende kan holdes i hånden. Undgå at stramme fjederen for meget, da udbredelsesfarten derved bliver høj. På fjederen kan demonstreres, hvordan en puls udbreder sig. Rykkes hånden med et raskt tag sidelæns, vil pulsen udbrede sig ned langs fjederen og reflekteres med et fasespring på π fra den faste væg. Slår man midt på fjederen med et kontant slag, får man to pulser med modsatte udbredelsesretninger. Slår man tæt ved den ene ende, får man igen pulser med modsatte udbredelsesretninger, men da den ene puls umiddelbart efter reflekteres fra den faste ende, ses resultatet som en samlet deformation, der løber ned langs fjederen. Ved refleksionen fra den faste ende skifter deformationen side. Bevæges hånden frem og tilbage som i en harmonisk svingning, kommer der et sinusformet bølgetog ned ad fjederen.

Det er også muligt at lave longitudinale pulser på fjederen. Deres udbredelsesfart er dog væsentligt større, og de er meget vanskeligere at se.

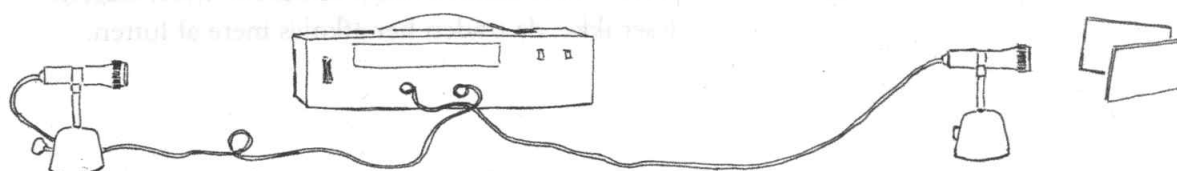
På fjederen kan vises, at transversalbølger kan være polariseret i forskellige retninger, mens longitudinalbølger er cirkulærsymmetriske om udbredelsesretningen. Lægges derefter et par polaroidfiltre på en overhead kan man direkte vise, at lys er transversalbølger, idet lysgennemgangen afhænger af filtrenes relative positioner.



Lydens fart i luft og i f.eks. en metalstang

Lydens fart i luft kan måles ved hjælp af et elektronisk ur forbundet til to mikrofoner. Afstanden mellem mikrofonerne behøver blot at være et par meter. Lyden kan f.eks. laves med et klaptræ.

Lægges mikrofonerne mod bordet eller ned mod en metalstang kan lydens udbredelsesfart i disse medier findes ved at slå mod bord eller stang.



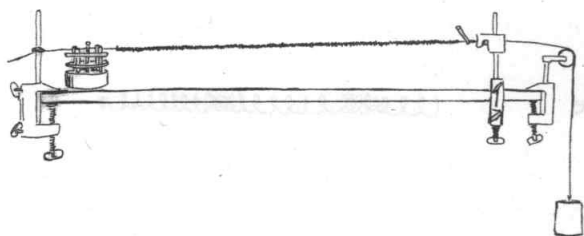
Iagttages et slag på en stor, kendt afstand (f.eks. slaget fra en pælerammemaskine eller blot en basketball, der slås i jorden) kan lydens fart findes ved at måle tidsforskellen mellem man ser slaget og lyden af slaget. Også affyringen af en startpistol kan bruges, da lysglimtet er meget tydeligt.

Vandbølgekarret

Vandbølgekar findes i mange udgaver. Fælles for dem alle er, at man ved at sende lys op gennem vand med meget små bølger på overfladen får et stærkt forstørret billede af bølgerne på loftet eller på en skærm, idet man udnytter linsevirkningen i bølgerne. Anvendes stroposkopisk lys, kan man få et billede, der tilsyneladende står stille.

Vandbølgekarret er et godt hjælpemiddel til at illustrere langt de fleste bølgefænomener. Det kræver dog stor omhu i indstilling og betjening.

Svingende streng



Strengen sættes i svingninger vha en mekanisk bølgegenerator (vibrator), der tilsluttes en tonegenerator via en (ofte indbygget) forstærker. Som streng kan med fordel anvendes en basguitarstreng, men også f.eks. en nylonline kan benyttes. Strengen fastholdes i et stativ i den ene ende og belastes via en snor over en trisse med passende lodder i den anden ende. På strengen kan demonstreres, hvordan egenfrekvensen varierer med længden af strengen, der kan vises overtoner, og formlen for udbredelsesfartens afhængighed af snorspændingen og massen pr længdeenhed kan udledes. Sættes stroposkoplys på strengen, kan man få et fastfrosset billede.

Lysende svingende streng

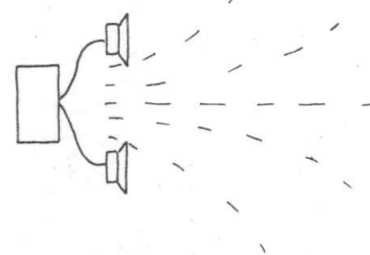
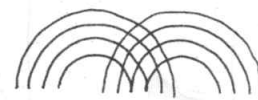


En 10 m lang klavertråd opspændes med et 1 kg lod for enden. Vha en vekselstrøm og en magnet dannes stående svingninger på tråden. Man øger nu spændingen over tråden, indtil knuderne lyser. Bugene lyser ikke, da tråden her afkøles mere af luften.

Interferens.

To-stråle interferens kan vises på mange måder:

- På to overheadsheet fotokopieres identiske sæt af koncentriske ringe. De kan f.eks. kopieres fra Fysik i Grundtræk 2C. Når ringsystemerne forskydes i forhold til hinanden kan interferensmønsteret ses.
- Youngs forsøg. Døbbeltspalter findes i alle skole-samlinger. Som lyskilde kan laseren anvendes.
- To højttalere kobles til samme tonegenerator og anbringes med 30 cm - 50 cm afstand. Interferensmønsteret kan enten optegnes på et stort stykke papir vha en mikrofon, eller man kan høre mønsteret ved at bevæge sig på tværs af højttalerne.
- Interferens kan naturligvis også laves i bølgekarret, eller det kan iagttages hver gang kølvand fra forskellige skibe mødes.



Interferens i heksemel eller blod

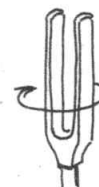
På et objektglas drysses et tyndt lag heksemel. Objektglasset anbringes i laserstrålen og interferensmønsteret kan ses på væggen. Forsøget kan også laves med en bloddråbe. Her er det blot meget sværere at få mønstret frem. Blodlegemerne skal ligge enkeltvis. Afstanden til skærmen skal være 25 - 30 cm, så skulle interferensmønsteret lige pludseligt komme. Pga blodlegemernes ringe udstrækning er mønstret meget stort.

Måling af et hårs diameter

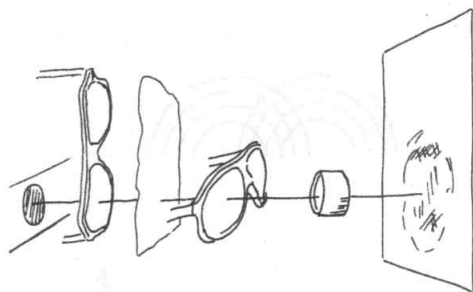
Diameteren af håret kan bestemmes ud fra interferensmønsteret. Man kan også se på hårets ovalitet, eller på, hvor det er tykke, i spidsen eller ved roden.

Interferens i én stemmegaffel

Man kan høre interferensen mellem de to grene af en stemmegaffel ved langsomt at dreje en anslået stemmegaffel om sin længderetning foran øret.



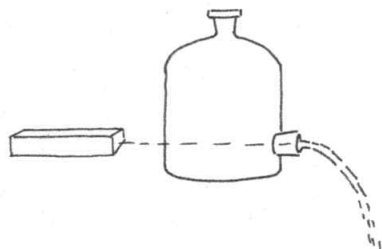
Interferens i cellofanpapir



Cellofanpapir har den egenskab, at det drejer lysets polarisationsretning, og drejningsvinklen er bølglængdefafhængig. Et stykke krøllet cellofanpapir anbringes mellem to krydsede polarisatorer (feks to par polaroidsolbriller vendt vinkelret på hinanden). Som lyskilde kan anvendes et lysbilledapparat, idet linsen skrues ud og anbringes så cellofanpapiret afbildes skarpt på en skærm. Cellofanpapiret vil da fremtræde på skærmen med et væld af farver. En overhead kan også bruges.

Tape klæbet på et overhead-ark, eller papiret rundt om cigaretpakninger kan også anvendes.

Metoden anvendes til at bestemme belastningslinierne i konstruktioner. Der laves en model af konstruktionen i plexiglas. Modellen udsættes for belastning, og linierne træder frem, idet drejningen af polariseringsplanen afhænger af den belastning plexiglasset udsættes for.



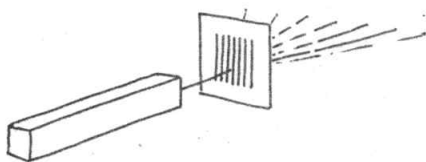
Vandstråle som lysleder

En glasflaske med afløbstud fyldes med vand, og en laser anbringes så laserstrålen rammer afløbsåbningen tværs gennem flasken. Lyset fra laseren vil følge vandstrålen.

Det optiske gitter

Gitterets egenskaber kan illustreres ved mange forsøg:

- a) Belyses et gitter med ca. 100 linier/mm med en laser, dannes det flotteste mønster på væggen. Bruges i stedet et gitter med ca. 600 linier/mm, fås pletter på væggen for 0., 1. og 2. orden. Anbringes gitteret i en væske (vand) kan man iagttage, at bølglængden for laserlyset ændrer sig i væsken, idet pletterne flytter sig.

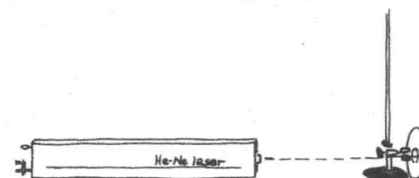


- b) Gitteret kan bruges til bølglængdebestemmelser enten i et spektrometer eller i den mere primitive, men illustrative opstilling omtalt under spektre.

- c) En del skolesamlinger råder over gitre til ultralyd eller mikrobølger.
- d) Også i vandbølgekarret kan gitteret demonstreres.

"Rille"-afstanden på en CD

En CD virker som et optisk gitter blot i reflekteret lys. Ud fra kendskabet til lyskildens (f.eks. laserens) bølgelængde kan afstanden mellem sporene på CD'en bestemmes.



Stående bølger i en luftsøjle

Klassisk elevforsøg hvor længden af luftsøjlen i et lodretstående rør kan varieres vha en niveaubeholder med vand. Lyden fra en stemmegaffel forstærkes kun ved ganske bestemte rørlængder. Forsøget giver en ganske nøjagtig bestemmelse af lydens fart i luft.

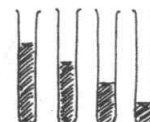
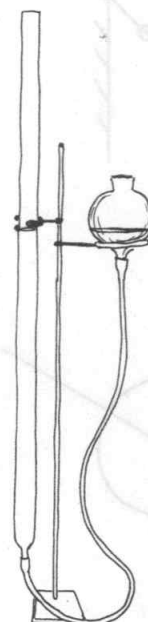
Også mundhulen kan bruges som resonator. Vi forstærker lyden fra stemmebåndene på den måde, men også lyden fra slag på kinden eller fra barbermaskinen kan forstærkes ved passende udformning af mundhulen.

Som bekendt kan man spille på vinglas mere eller mindre fyldt med vand. Det kan efterlignes med reagensglas.

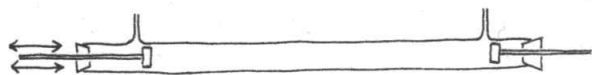
Plastik-kloakrør er glimrende til resonansrør. Der fås i alle dimensioner i ethvert byggemarked.

Det syngende rør

Et syngende rør er et metalrør med en længde på omkring en meter og en diameter på ca 10 cm. Et nedløbsrør kan bruges. Et lille stykke oppe i røret anbringes et kryds af nogle helst ret tykke metalpinde. Holdes røret lodret samtidigt med, at luften nederst i røret opvarmes, begynder røret at synge. Varmes så længe at metalpindene bliver varme, synger røret videre selv om bunsenbrænderen slukkes. Man kan endda stoppe sangen midlertidigt ved at lægge røret ned. Rejses det igen til lodret, synger det videre.

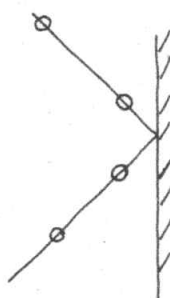


Kundts rør



Klassisk elevforsøg, hvor luften i et langt glastrør sættes i svingninger enten ved at gnide på en glasstang eller med en højttaler. Rørets længde varieres indtil resonans, der ses ved at noget heksemel anbragt i hele rørets længde begynder at hvirvle rundt og samles i knudepunkterne. Røret kan fyldes med andre gasser, f.eks CO_2 .

Reflektion og refraction.

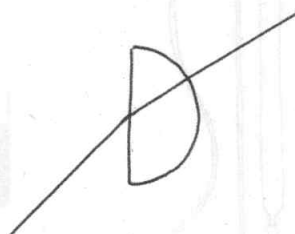


Kan vises ved småforsøg med spejle og glasklodser.

Som lyskilde anvendes laseren eller en lampe med stærkt afgrænset lyskegle (f.eks fra et optiksæt).

Strålegangen kan markeres med knappenåle og optegnes på papir.

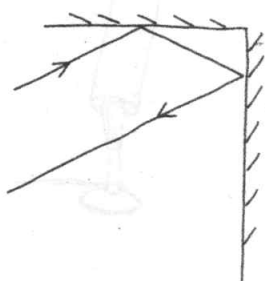
Sendes en laserstråle skråt ned mod en vandret liggende glasplade, kommer der to lysende pletter i lofter fra refleksionerne fra for og bagside.



Ofte råder skolesamlinger også over halvcylinderformede glasklodser. Sørger man for, at lysstrålen passerer ind i klodsen midt på den flade side (og parallelt med klodsens to parallelle sider), sker der ingen brydning, når lysstrålen passerer ud af klodsen igen.

Anbringes et spejl, der kan vippes, i et kar med vand, kan man udover almindelig refleksion og refraction også demonstrere totalrefleksion. Spejlet belyses med f.eks en laser og efter spejlningen brydes strålen i vandoverfladen. Laserstrålen kan synliggøres i vandet ved at tilsætte vandet lidt sølvnitrat eller en lille smule skummetmælk. I luften synliggøres laserstrålen med røg

Sammensatte refleksioner



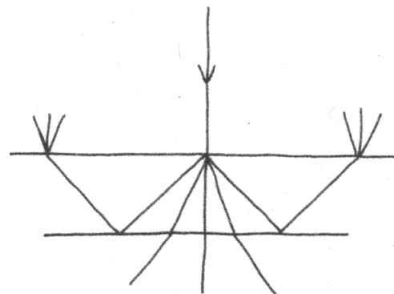
Anbringes 2 spejle lodret og vinkelret på hinanden, vil man ved at se direkte ind mod skæringslinjen se sig selv som andre ser en, idet der i spejlbilledet bliver byttet om på højre og venstre.

Anbringes 3 spejle i et tre retvinklet hjørne fås et katteøje.

Totalreflektion vist med en glasplade belagt med vådt filtrerpapir

Forsøget er omtalt som opgave B 3 i : Fysikopgaver, obligatorisk niveau og HF-tilvalg.

Et stykke vådt filtrerpapir anbringes oven på en glasplade, og man lyser vinkelret ned mod pladen med en laser. Papiret spreder laserlyset, men kun den del af lyset, der spredtes under en tilstrækkelig stor vinkel vil totalreflekteres fra glaspladens bagside og igen spredes ved mødet med filtrerpapiret. Der fremkommer derfor en mørk ring med lys uden om.



Det forsvundne glas

To pyrex bægerglas, et lille og et stort anbringes indeni hinanden. Fyldes det lille og mellemrummet mellem glassene med spiseolie forsvinder det lille glas tilsyneladende. Kun målestregerne står tilbage. Spiseolie og pyrexglas har praktisk talt samme brydningsforhold.

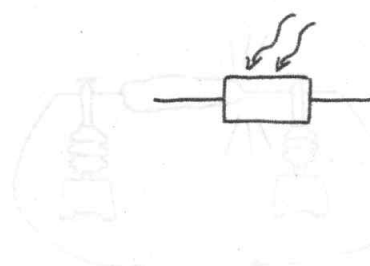
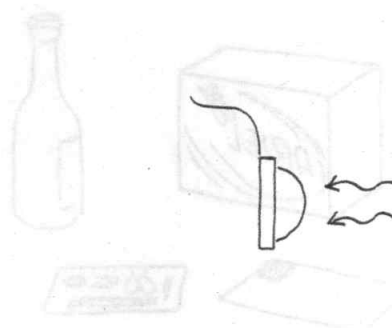


Måling af lysintensiteter

Lysintensiteter kan måles f.eks. med et pyranometer, en fotodiode eller med en lysfølsom modstand. Pyranometre findes i de fleste skolesamlinger. Deres kalibreringsfaktor fremgår af det medfølgende datablade. Man kan f.eks. eftervise afstandskvadratloven vha en almindelig elektrisk pære og finde pærens totale udstråling, ligesom solarkonstanten kan bestemmes.

Fotodioder fås i dag med direkte tilslutning til computere f.eks. i CBL udstyret. Det er her muligt direkte at måle 100 Hz variationen i lyset fra en glødelampe. Man kan også på denne måde måle størrelsen af laserpletten som funktion af afstanden.

Lysfølsomme modstande kan direkte tilsluttes et ohmmeter og bruges til f.eks. at måle variationen i lysintensiteten gennem et diffraktionsmønster. Man skal her være opmærksom på, at modstanden har ret lang responstid.



Frekvensanalyse af lydsignaler (*)

Det bliver mere og mere almindeligt, at skolerne råder over udstyr, der kan frekvensanalysere lydsignaler. Moderne software viser direkte frekvensspektret på en computerskærm samtidigt med at lyden optages. Spilles samme tone på forskellige instrumenter kan man undersøge det varierende indhold af overtoner.

Spektroskopi

Forsøgene er beskrevet under atom- og kernefysik.

Spektret fra en glødelampe

Ser man på spektret fra en almindelig glødelampe efterhånden som spændingen over den øges, kan man se, hvordan spektret forskydes fra det røde mod det blå.

Forsøg med UV-lys

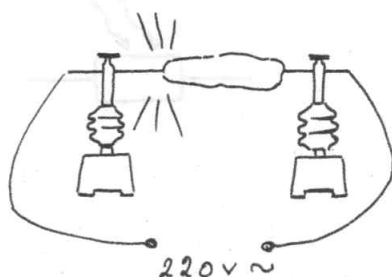
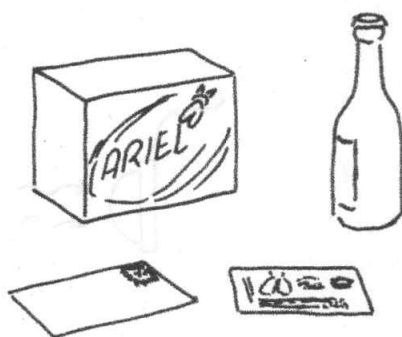
Der findes en hel række hverdagsstoffer, der fluorescerer. UV-lyset exciterer elektroner, der så passerer over en eller flere mellemtilstande på deres vej tilbage til grundtilstanden. Holdes stofferne op i UV-lys lyser de op på synlige bølgelængder oftest blå, men andre farver forekommer også. Vi kan nævne:

- frimærker
- tonic vand
- pengesedler
- vaskepulvere
- kvanefjeld
- nybørstede tænder

At solcremer bremser det ultraviolette lys kan vises ved at smøre solcreme på et overheadark. Skyggen fra strengen af solcreme kan da tydeligt ses i et glas med tonic vand.

Na-lys fra en syltet agurk

En syltet agurk anbringes mellem to højspændingsisolatorer. Den kan passende fastgøres med to søm, der stikkes godt ind i enderne af agurken. Sømmene



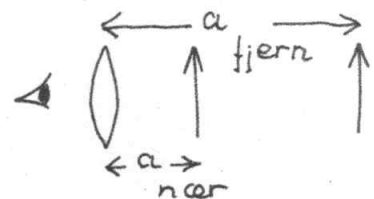
må ikke komme for tæt på hinanden. Isolatorerne forbindes direkte til 220V udtaget. Efter nogle sekunder lyser agurkens ene ende op i den gule Na-farve.

Geometrisk optik (**)

Den geometriske optik rummer et væld af illustrative, letforståelige forsøg. Der er udgivet mange bøger med vejledninger på gymnasieniveau.

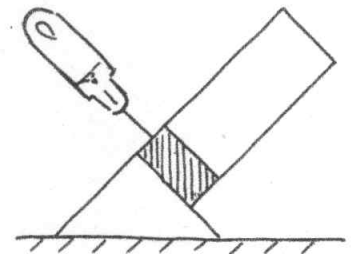
Bestemmelse af øjets akkomodation

Øjets akkomodation er et mål for, hvor meget øjelinsens styrke (f.eks. målt i dioptrier) kan ændre sig. Den kan måles ved at anbringe en linse foran øjet og så måle afstanden til det nærmeste og det fjerneste punkt, man kan se skarpt. Ved brug af linseformlen ses, at øjets akkomodation er forskellen mellem de reciprokke værdier af de to afstande.



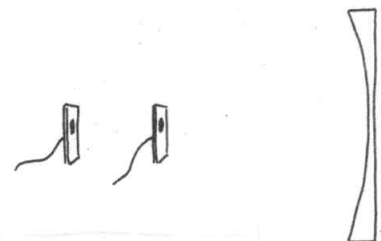
Bestemmelse af solarkonstanten (*)

Intensiteten af strålingen fra Solen ved Jorden kan bestemmes enten vha et pyranometer eller et solkalorimeter. Pyranometeret er en kalibreret solcelle, hvor spændingsforskellen er proportional med lysintensiteten over et bredt område. Solkalorimeteret består af en lille sortmalet blyklods i bunden af et rør. Blyklodsens temperaturstigning pr tidsenhed er et mål for strålingsintensiteten. Ved at måle indstrålingen fra Solen flere gange i løbet af en dag, er det muligt at korrigere for tabet i atmosfæren.



Ultralyd (*)

Adskillige skoler råder over ultralydsudstyr (almindeligvis 40 kHz). Alle "almindelige" bølgeforsøg kan også laves med ultralyd. Spejle til ultralyd kan bygges af almindeligt pap. Man kan også demonstrere Doppler effekt.



Røntgenstråling (*)

En del skoler råder over røntgenapparat, hvor røntgenspektret fra en metalanode kan undersøges. Også absorption i forskellige stoffer kan undersøges (de såkaldte λ -skrænter). Apparaturerne har særskilte vejledninger.

Farver og farveblanding (**)

Der findes adskillige bøger om området, der er så stort, at en af vanskelighederne, når det bruges som elevprojekt, er at afgrænse det rimeligt. Vi kan dog nævne

- additiv og subtraktiv farveblanding vha filtre på overhead'en eller på lysboks
- snurretop med komplementærfarver
- absorptions- og emissionsspektre
- farveindholdet i tusser bestemt ved at lade farven suge med op i et stykke filterpapir (eller et kaffefilter), hvis kant står i et kar med vand
- undersøgelse af farvecirkler og farvetrekanter

Polariseret lys (*)

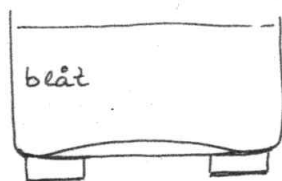
Polariseringen af lyset fra himmelen. Ses umiddelbart med polaroidsolbriller.

- Drejningen af polariseringsretningen i en stærk sukkeropløsning. Ses ved at anbringe opløsningen mellem krydsede polaroidplader og gennemlyse opstillingen for eksempel med en overhead.

- Anbringes cigaretpapir, tape i forskellig tykkelse klistret på en glasplade eller cellofanpapir mellem krydsede polaroidplader får man ved gennemlysning med hvidt lys de flotteste farvede mønstre. Se: Interferens i cellofanpapir.

Rayleigh-spredning (den blå himmel - den røde solnedgang)

Kan vises ved at sende hvidt lys gennem vand med en smule skummetmælk. Væsken blåfarves mens det transmitterede lys rødfarves.



rødt

Regnbuer (*)

Et cylinderformet glas fyldes med vand og anbringes på kanten af et bord. Belyses glasset f.eks. fra et vindue, dannes en regnbue på gulvet.

Regnbuer kan også laves vha en rundbundet kolbe med vand. Her er det muligt at lave kvantitative målinger på afbøjningsvinklerne.

Anvendes en kugleformet kolbe kan man få en cirkulær regnbue. Anbringes en våd finger på kolbens bagside kommer der en mørk plet i regnbuen.



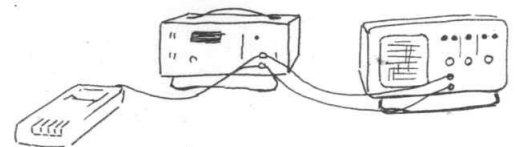
Varmestråling (*)

Termosøjler til kvantitativ måling af varmemstråling findes i mange skolesamlinger. Traditionelt måler man på strålingen fra en vandfyldt metalkube, der er malet i forskellige farver på siderne. Det er bedst at måle under afkølingen, da systemet her er nærmest termodynamisk ligevægt. Forsøget giver rimelige resultater, omend den søgte potens i T^4 loven for strålingsintensiteten kan være svært at måle nøjagtigt.



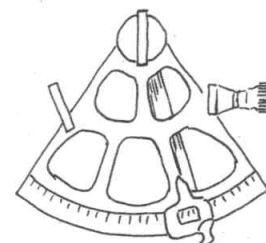
En båndoptagers forstærkning (*)

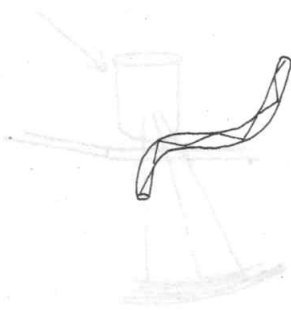
På et bånd på båndoptageren indspilles 5 - 10 s af forskellige toner fra en tonegenerator, idet man f.eks. vha et oscilloskop kontrollerer, at signalhøjden fra tonegeneratoren er konstant. Båndet afspilles på et bestemt volumen på båndoptageren, og signalhøjden måles på et oscilloskop. Båndoptagerens forstærkning som funktion af frekvensen kan så optegnes.



Sekstanten (*)

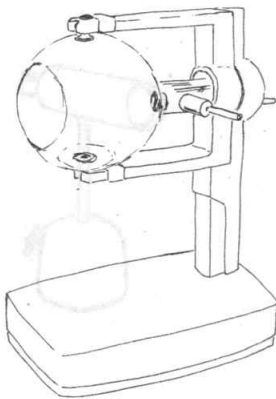
Mange skoler råder over fine gamle instrumenter, men ellers kan sekstanter til skolebrug i dag købes for nogle få hundrede kroner. Som kunstig horisont kan f.eks. bruges motor- eller madolie i en flad mørk bakke. Olien skal helst være mørk.





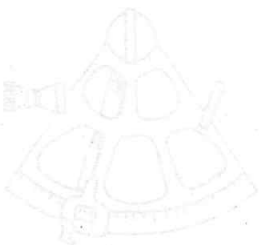
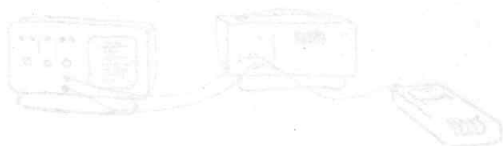
Optiske fibre(*)

Optiske fibre kan idag fås alle steder, og det er relativt simpelt at bygge enkle sendere og modtagere til dem. Princippet i den optiske fiber kan vises ved at sende laserlys gennem en krum plexiglasstang eller med en vandstråle som omtalt side 42.



Elektrondiffraktion

Elektronens bølgenatur kan vises i et elektrondiffraktionsrør. Røret indeholder en elektronkanon, et kulstoftarget og en fluoriserende skærm. På skærmen ses to koncentriske ringe som spor efter de diffrakterede elektroner.



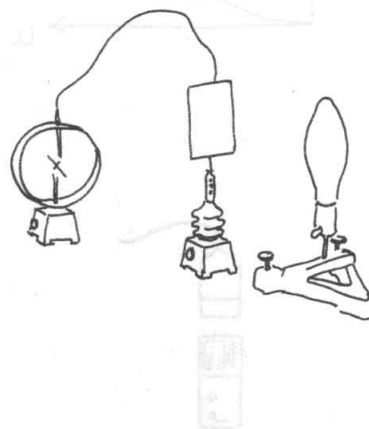
Atom- og kernefysik

Fotoelektrisk effekt

Fotoelektrisk effekt kan demonstreres kvalitativt ved at vise, at en negativt opladet zinkplade aflades, hvis den belyses med det ultraviolette lys fra en Hg-lampe, men ikke hvis den belyses med almindeligt synligt lys. Zinkpladen skal slibes blank lige inden forsøget. Pladen forbindes til et elektroskop og kan oplades vha en gnedet plastikstang eller ved kortvarig forbindelse til en højspændingskube (3000 - 6000 V).

Strålingen fra et solarium (f.eks. et lille ansigtssolarium) kan ikke aflade en negativt opladet zinkplade; men det kan en gammeldags højfjeldssol.

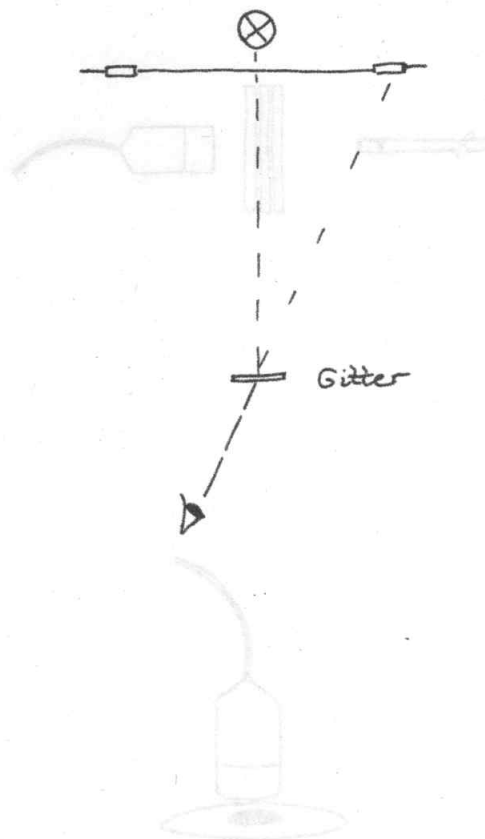
Mere kvantitative målinger kan laves vha en fotocelle. Der findes en række forskellige færdige "kasser" til skolebrug.

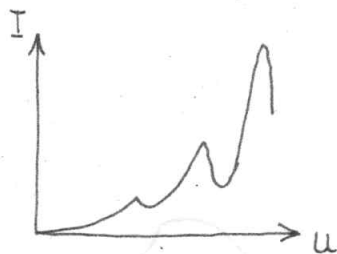


Spektre i synligt lys (*)

Alle skoler råder over hel eller halvprofessionelle spektrometre, hvor bølglængderne for forskellige liniespektre kan findes med stor nøjagtighed.

En let forståelig opstilling får man ved at betragte lyskilden gennem et gitter og så på en lineal indstille et par ryttere på det indbildte billede af 1. ordens spektret. Afstanden fra gitteret til linealen bør være omkring 1 m. Så kan man bestemme bølglængderne med ca 1/2%'s nøjagtighed. Opstillingen er også velegnet til at vise, at en emissions- og absorptionslinie i f.eks. natrium har nøjagtig samme bølglængde. Først undersøges bølglængden for det gule lys fra noget NaCl, der varmes op over en bunsenbrænder. Dernæst undersøges bølglængden for den absorptionslinie, der fremkommer, når man sender hvidt lys gennem den samme flamme. Man kan her bruge en reuterlampe, der indstilles så glødetråden afbildes skarpt på gitteret.





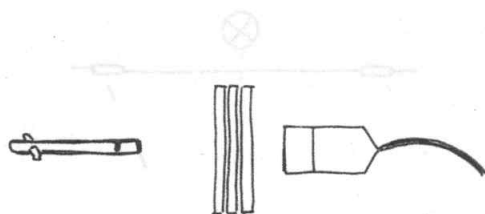
Franck-Hertz forsøg

Udstyret findes på mange skoler. Man viser, hvordan strømstyrken gennem en rørdiode ændres i spring efterhånden som spændingsforskellen over røret bliver stor nok til at elektronerne kan ionisere gassen i røret en eller flere gange.

Halveringstid

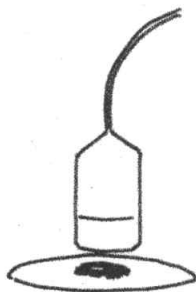
Traditionelt elevforsøg, hvor der måles på enten en protactiniumkilde eller på den såkaldte minigenerator. I begge tilfælde adskilles en radioaktiv isotop med en halveringstid af størrelsesordenen 1 min fra sine mødre og døtre. Det gøres i en færdigfremstillet lille beholder ved en kemisk proces. Straks efter adskillelsen måles intensiteten fra kilden som funktion af tiden. Ved brug af protactiniumkilden er det vigtigt, at man tager højde for den baggrundsstråling, der kommer fra resten af stofferne i beholderen.

Halveringstykkelse



Traditionelt elevforsøg, hvor der enten bruges en β -kilde og absorptionsplader af aluminium eller en γ -kilde og absorptionsplader af bly. Man kan også måle halveringstykkelser for β - eller γ -stråler i f.eks. spegepølse, telefonbøger, vand eller franskbrød. Her kan det, specielt med vand, være hensigtsmæssigt at anvende en lodret opstilling. At intensiteten af β -stråling fra en gymnasiekilde aftager eksponentielt med tykkelsen af en Al-plade, skyldes at strålingen indeholder et bredt spektrum af energier. Forsøget med γ -stråling forstyrres noget af komptonspredning, en forstyrrelse man kan undgå ved at anvende en scintillationstæller.

K-40's halveringstid



K-40's halveringstid er ca. 10^9 år, og kan derfor kun måles direkte ved udvisning af den største tålmodighed. I stedet kan man forsøge at bestemme aktiviteten fra en kendt mængde K-40. KCl hældes i et tyndt lag på et stykke filterpapir i en cirkel med

samme diameter som GM-røret. Massen bestemmes og antallet af K-40 kerner bestemmes (det relative indhold af K-40 i naturligt Kalium er 0,012% ifølge Databogen). Intensiteten fra prøven og fra baggrunden måles i ca ½ time. Ved at skønne over den rumvinkel tælleren dækker og tællerens effektivitet, kan aktiviteten estimeres.

KCl indholdet i Seltin

Seltin er et blandingsprodukt af NaCl og KCl. Ved at måle på lige store mængder af NaCl, KCl og Seltin i samme geometri kan KCl indholdet i Seltin bestemmes, idet K-40 er den eneste radioaktive isotop i produkterne.

Simulering af radioaktivt henfald

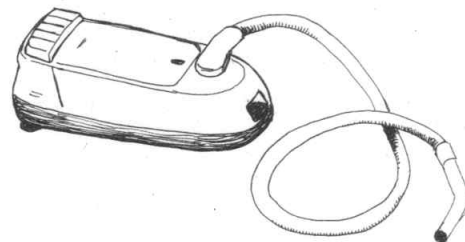
Radioaktivt henfald kan simuleres med terningekast. Man bør mindst have 200 - 500 terninger. Bemærk, at halveringstiden skal være $\ln(1/2)/\ln(5/6)$ hvis man f.eks. lader alle 6'ere henfalde. Terningerne er også velegnede til at simulere en henfaldskæde.

Statistik for radioaktivt henfald

En β -kilde afskærmes, så tællertallet fra den ligger mellem 50 og 100 pr. 10 s. Der foretages så et stort antal målinger, og det vises, at tællertallet med god tilnærmelse er normalfordelt med en spredning svarende til kvadratroden af middeltallet. Det er oplagt at bruge dataopsamling.

Opsamling af Radon døtre i kælderrum

Radioaktivt støv fra kælderrum kan opsamles enten ved at lade en støvsuger suge gennem et filter i ca. ½ time, eller ved at opsætte en ca 2 m lang metaltråd med negativ højspænding i forhold til gulvet. Tråden skal helst stå et par timer. Tråden aftørres med et lille stykke skind. Intensiteten fra prøverne kan let overstige den fra de sædvanlige skolekilder.



Et GM-rørs karakteristik.

Det undersøges, hvordan tællertallet fra en fast kilde varierer med spændingsforskellen over GM-røret.

Et GM-rørs dødtid



Der laves en fast geometri, hvor en γ -kilde og en β -kilde kan anbringes tæt ved siden af hinanden tæt foran GM-røret. Der måles først på kilderne hver for sig, dernæst på begge kilder samtidigt. Der bør måles længe nok til at tællertallene bliver større end 10000. Tællerrørets dødtid kan beregnes ved at udnytte, at det antal partikler der ankommer fra de to kilder tilsammen må være summen af de antal der ankommer fra hver af kilderne hver for sig. Desuden gælder, at $n = N - Nn\Delta t$, hvor n er antallet af partikler, der registreres pr tidsenhed, N er antallet af partikler, der rammer tælleren pr tidsenhed og Δt er dødtiden. Databehandlingen er ikke helt simpel.

Neutronaktivering

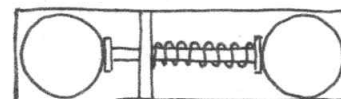
Nogle skoler råder over neutronkilder, der bl. a. kan bruges til at aktivere forskellige stoffer.



Mekanik højniveau

Karisekanonen (demonstration af uafhængighedsprincippet)

Lille apparat der kan udskyde en kugle vandret, samtidigt med at det giver slip på en anden kugle. Findes både i ældre udgaver til små stålkugler og i en moderne udgave til store plastikkugler.



Udstrømning af vand fra et mælkekarton

Diagonalt ned ad den ene side på et mælkekarton brændes en række ækvidistante huller. Kartonet anbringes på et vandret underlag og holdes fyldt med vand. Det undersøges fra hvilket hul vandet kommer længst. I den teoretiske behandling kan udstrømningsfarten findes ved at bruge mekanisk energibevarelse. Det vand, der strømmer ud, "falder" fra overfladen til hullets niveau.

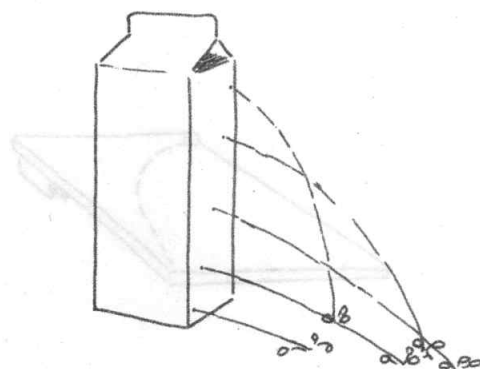
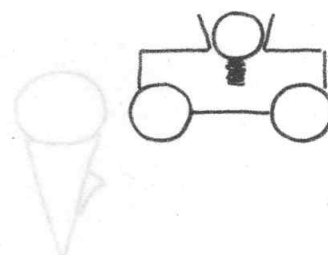


Illustration af vægtløshed

Kastes et mælkekarton med huller og fyldt med vand ud fra 2. sal, strømmer vandet ikke længere ud af hullerne.

Kanonvogn

Der findes i handelen en lille vogn, der under sin vandrette bevægelse er i stand til at affyre en kugle i lodret retning. Så længe vognen kører med konstant hastighed vil kuglen falde præcist tilbage til affyringsstedet.



Nedskydning af tændstikæske vha fjederkanon

Fjederkanonens begyndelsesfart kan findes ved at finde projektilets stighøjde ved en lodret affyring. Tændstikæske og kanonmunding anbringes i samme højde. Ud fra afstanden til tændstikæsken beregnes affyringsvinklen. Begge løsninger afprøves. Træfsikkerheden er naturligvis størst ved den mindste elevation (forudsat at tændstikæsken står op).

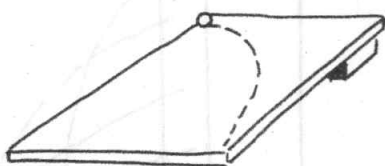


Videooptagelser af skråt kast (*)

Brugen af video er omtalt under mekanik (obli) (videooptagelse af lodret kast). Kuglestød på sportspladsen er meget velegnet. Man kan med fordel afbilde både den vandrette og den lodrette hastighedskomponent som funktion af tiden.

Videoen er også meget velegnet til undersøgelse af kast med luftmodstand.

Skråt kast illustreret på skråplan (*)



Hældes lidt heksemel ud over en plade, kan sporet efter en rullende kugle registreres. For at opnå samme begyndelsesfart ved forskellige kast, må man have en lille affyringsrampe helst en buet, så kuglen ikke møder nogen kanter. Vil man beregne kuglens fart ud fra energibevarelse, skal man naturligvis tage hensyn til kuglens rotationsenergi.

Faldende dartspl

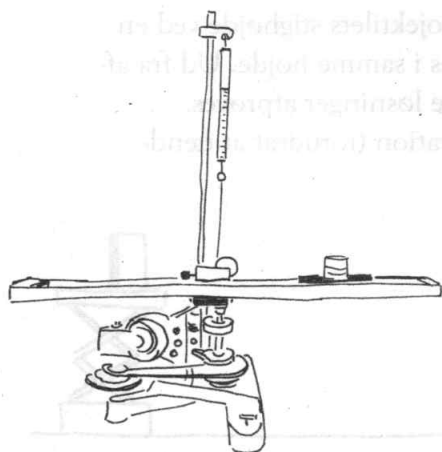
Med nogen øvelse er det muligt at få anbragt pil og dartskeive, så dartskeiven falder frit, samtidigt med at pilen affyres vandret mod dens centrum. Pilen rammer så den faldende skive i centrum. Man kan lade pilen affyre af et par elastikker, der også udløser skiven.

Fup is



Legetøjsbutikkerne sælger en "isvaffel", hvor kuglen er en plastikbold, og hvor der i vafflen gemmer sig en fjeder, der ved et tryk på en knap affyres kuglen. Fupisen kan bruges til alle slags skrå kast. Begyndelsesfarten bestemmes fra stighøjden.

Cirkelbevægelse herunder koniske penduler



Cirkelbevægelse laves traditionelt med et skoleudstyr fremstillet til formålet. En lille vogn kan bevæge sig radiale på en skinne, der roteres af en motor. Centripetalkraften kan måles direkte på et dynamometer. Vognens masse, radius og omløbstiden kan varieres uafhængigt af hinanden.

Et konisk pendul laves let af et lod i en snor. Lidt mere spektakulært er det at lade en lille legetøjsflyver eller helikopter snurre rundt i sin snor. Husk at sætte en svirvel i snoren.

Cirkelbevægelse kan også laves på en legepladskar-rusel. Farten kan bestemmes ved at slippe et lod fra en kendt højde udfor et kendt punkt. Accelerationen kan findes ved at ophænge loddet i en snor på en af opstanderne og måle snorens vinkel med lodret.

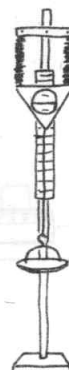
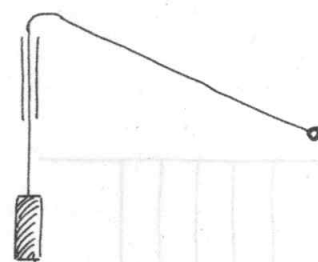
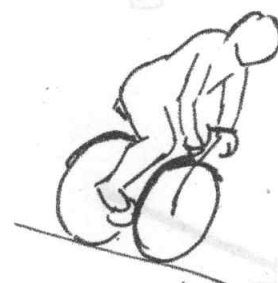
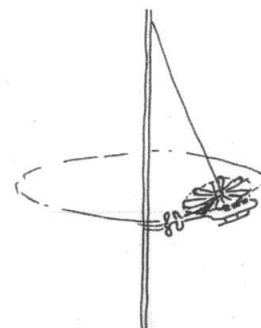
Forsøget kræver lidt forsigtighed og nogle søstærke elever. Lader man eleverne hænge langt ud på karrusellen og på et givet signal gå ind mod midten får man en meget håndfast demonstration af impuls-momentbevarelse. Pas på! En elev, der ikke kommer med ind til midten, kan blive slynget af.

Cirkelbevægelse kan også undersøges ved at lade en cyklist følge en på forhånd optegnet cirkel i skolegården. Cirkelns diameter skal være 15 m - 20 m. Cyklisten skal køre med konstant fart. Farten måles enten med en cykelcomputer eller ved at måle omløbstiden. Den vinkel cyklen danner med lodret kan enten skønnes under selve forsøget, eller den kan måles nøjagtigt på videooptagelser.

Et konisk pendul kan også laves ved at anbringe et lille lod i den ene ende af en tynd snor, der føres gennem et glastrør. I den anden ende af snoren anbringes et 200 g lod. Man holder glastrøret lodret og et punkt på snoren mærkes med et stykke tape. Det lille lod sættes i vandret cirkelbevægelse og omløbstiden afpasses, så tape-mærket er lige under glastrøret. Man kender nu samholdende værdier af omløbstid, pendullængde og snorkraft.

Hookes lov

Vises traditionelt med specielt fremstillet udstyr, hvor forlængelsen af fjedrene kan aflæses meget nøjagtigt vha et spejl bag målestokken. Forsøget kan naturligvis også laves med alle typer elastikker. Man skal dog her være opmærksom på, at de fleste elastikker ret hurtigt forlænges så meget, at der sker en materialedforma-



tion, så Hookes lov ikke længere gælder. Man kan selv lave fjedre af f.eks. 0,5 mm bindetråd. Det kan købes i en tømmerhandel. Som lodder kan man f.eks. bruge kartofler.

Harmonisk bevægelse

Alle typer fjedre og elastikker kan bruges. Blot skal man ved elastikker holde amplituden lille. Svingningstiden måles både som funktion af belastningen og som funktion af fjederstivheden. Det er muligt at optage en harmonisk bevægelse vha Smart Pulley'en. Blot bliver hver anden halvperiode vendt på hovedet, da Smart Pulley'en ikke registrerer bevægelsesretningen. Her er den nye 2 vejs pulley en stor fordel.

Affyring af træklods fra fjeder-'kanon'

Af to ret kraftige fjedre kan man lave en affyringsrampe for træklodser, så klodserne glider 5m - 10 m hen ad gulvet. Man måler, hvor meget fjedrene er spændt inden affyringen, og hvor langt klodsen kommer, og det kan eftervises, at energien i fjedrene er proportional med kvadratet på forlængelsen. Forsøget er naturligvis ret unøjagtigt.

Newtons vugge

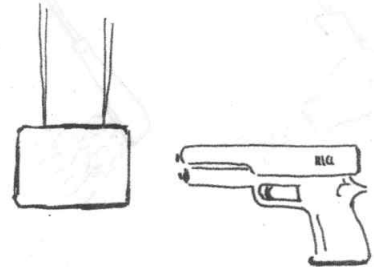
Newtons vugge er en række ens kugler ophængt bifilart, på række tæt ved siden af hinanden. Trækkes en kugle ud, svinger en kugle ud i den anden ende efter stødene. Trækkes to kugler ud, svinger to kugler ud osv.

1-dimensionalt stød på kørebane

Alle typer 1-dimensionale stød kan vises på en kørebane eller luftpudebane. Hastighederne bestemmes vha fotoceller og et elektronisk ur. Mange elektroniske tællere har specielle indstillinger netop til at måle op til 4 passagetider.

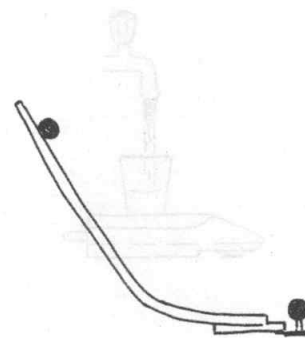
Det ballistiske pendul

Laves af en lille beholder (f.eks. et 10 cm langt plastikrør med en diameter på et par centimeter), der fyldes med blødt ler. Beholderen ophænges bifilart i begge ender, så den forbliver vandret, når den svinger ud. Pendullængden skal være 1m - 2m. Haglet fra et luftgevær affyres vandret mod pendulet på nært hold (Pas på luftgeværet; nogen kan opfatte det som legetøj). Det er lettest at måle det vandrette stykke i udsvinget og herfra beregne sig til højden.



Skævt stød mod hvilende kugle

Der findes en lille aluminiumsskinne med en anordning, som kan bære én kugle, mens en anden ruller ned mod den ad skinnen. Skinnen fastgøres til kanten af et bord. Efter stødet udfører begge kugler et vandret kast. Lægges kalkérpapir over et stort stykke papir på gulvet, kan kuglernes nedslagspositioner registreres. Er kuglernes masse ens, skal alle nedslagene ligge på en cirkel.

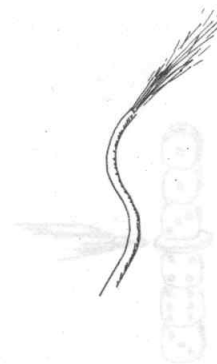


Boblekammerbilleder

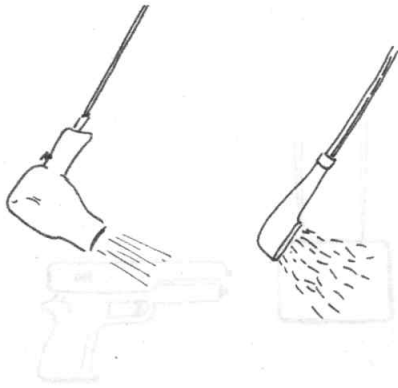
Mange skolesamlinger har aftryk af autentiske boblekammerbilleder, hvor 2-dimensionale relativistiske stød kan analyseres.

Impuls illustreret med haveslange eller brandslange

Ligger en haveslange på en relativt glat flade som f.eks. en græsplæne ses rekylt fra det udstømmende vand tydeligt, idet enden af slangen vil bugte sig frem og tilbage. Mange haveejere er gennem tiden blevet våde på den bekostning. Det er muligt at måle udstømningsfarten ved at måle vandets stighøjde. Den udstømmede masse pr tidsenhed kan måles ved at måle tiden for at fylde en spand, og kraften på slangen kan måles ved at anbringe enden af slangen i et stativ på en (vandfast) vægt. Herudfra kan impulsætningen eftervises.



Bruser eller hårtørrer



Holdes en hårtørrer i ledningen ses rekylet fra luftstrømmen tydeligt. Tilsvarende hvis man holder i slangen til en bruser.

Rullestoleræs

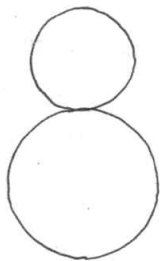
Nogle personer anbringes i hver sin rullestol medbringende en passende mængde kasteskyts. Der konkurreres om først at tilbagelægge en kortere strækning.

Fyldning af vandglas anbragt på en vægt



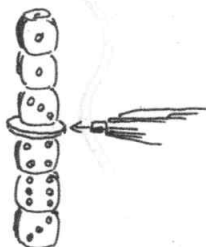
Forsøget kræver en vægt med dataopsamling. Et glas anbringes på vægten direkte under en vandhane, og man registrerer vægtens visning før, under og efter at der fyldes vand i glasset. (Se eks.-sæt dec. 95 opg. 3)

Ninja bolde



Man kan i legetøjsbutikker købe såkaldte ninja bolde. Det er 5 - 10 cm store bolde lavet af meget elastisk materiale. Boldene kan i sig selv bruges til illustration af stød mod gulve og vægge (pas på lamperne). Lader man to bolde holdt lige over hinanden falde mod gulvet, vil den øverste bold springe tilbage med overraskende stor fart. Forsøget kan også laves med en krocket-kugle anbragt ovenpå en basketball, idet basketballen vendes så krocketkuglen hviler på ventilhullet. Man kan vise, at den største effekt opnås, hvis massen af den øverste kugle er $\frac{1}{3}$ af den nederste.

Udskydning af 50-øre fra terningestak

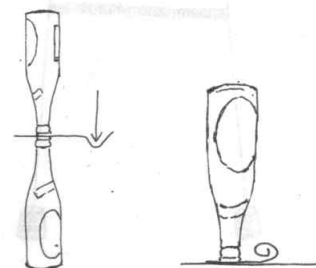
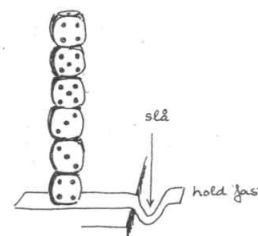


Lav en lille stak af 3 terninger, en 50-øre og igen 3 terninger. Med forsigtighed kan 50-øren skydes ud uden at stakken vælter. Man kan f.eks. bruge en kuglepen som "kanon".

Bortrivning af papir under stak af terninger

Lav en stak terninger eller sæt et antal glas oven i hinanden på en strimmel papir, der ligger ud over kanten på bordet. Hold i enden af strimlen, så papiret danner en lille hulning udenfor bordet. Ved at slå med kanten af hånden ned i hulningen kan papiret fjernes uden at stakken vælter. Forsøget er set udført med 6 ølglas. Det kan også gøres med en 100 kr seddel mellem to ølflasker vendt med åbningen mod hinanden.

Man kan også fjerne en 100 kr seddel, der ligger i klemme under en omvendt ølflaske uden at flasken vælter ved stille og roligt at rulle 100 kr sedlen sammen op ad flasken.

*Ægrotation og kaffen i en kop*

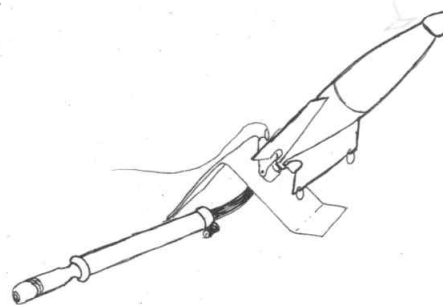
Sættes et kogt æg (eller et æg taget direkte fra køleskabet) i rotation, roterer det længere end et friskt æg ved stuetemperatur, da blomme og hvide også sættes i rotation.

Går man rundt om et hjørne med en kande med vand og isterninger eller med en kop kaffe, kan man se, at væsken ikke drejer med. Det ser ud som om væsken drejer modsat.

Vandraketten ()*

En lille plastikraket, som fyldes halvt med vand, der sættes under tryk vha en cykelpumpe. Raketten har en forbløffende stor stighøjde. Man kan illustrere impulsbevarelsen ved først at affyre raketten kun med luft, derefter med luft og 2 - 4 vatpinde (små træpinde fra kemisamlingen) og endelig med vand. Laver man videooptagelser af affyringen kan accelerationen følges. Det går meget hurtigt. Alt vandet har forladt raketten indenfor ca 0.1 s.

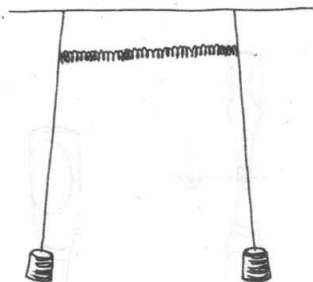
Til raketten hører også en holder til en CO₂ patron. Her anbringes raketten på en udspændt snor, og der slås med et kontant hammerslag hul på patronen. Snoren bør være mindst 10 m lang, da raketten ellers let ødelægges ved sammenstødet ved enden af snoren.



Dæmpede svingninger

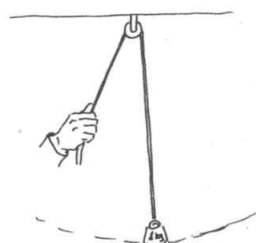
Vises let med et 2 m langt pendul med et lod på ca 5 kg. Amplituden aflæses på en lineal på gulvet efter f.eks. hver 10. svingning. Forsøget er også velegnet i naturfag til at illustrere eksponentiel vækst.

Tvungne og koblede svingninger(**)



Tvungne svingninger kan illustreres ved at trække rytmisk i et pendul ved hjælp af en svag fjeder.

Nogle skoler har færdige opstillinger med to koblede penduler. Ellers laves den let med to ens lange tunge penduler og en svag fjeder, der forbinder dem. Pendulerne vil skifte energien mellem sig. De tilhørende differentialligninger kan kun magtes af de allerbedste højniveau elever.



Røgelseskarret i Santiago de Compostella's domkirke

Ved højtider sættes røgelseskarret i svingninger ved at man trækker og slækker rytmisk i det tov, karret hænger i. Karret svinger helt op under kirkeloftet i 20 m's højde. Forsøget kan også udføres i mindre målestok.

Det matematiske og det fysiske pendul(**)

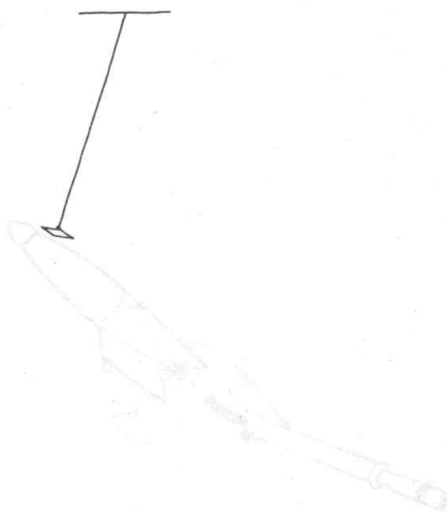
Gode projektemner. Man kan nøjes med at udlede formlerne for svingningstiderne empirisk.

Elastikker(*)

Kan ved små amplituder bruges til at vise Hookes lov og svingningstidsformlen for en harmonisk svingning. Strækkes elastikken mere, deformeres den. Ved at måle forlængelsen både når belastningen øges og når den derefter formindskes, kan man finde, hvor meget energi der afsættes i elastikken.

Elastikspring(*)

Elastikspring kan laves med et ½ kg lod i et stykke ventilgummi. Da fjederkonstanten for ventilgummiet er omvendt proportional med længden, kan længden af ventilgummiet til f.eks. et spring på 6 m forudberegnes.

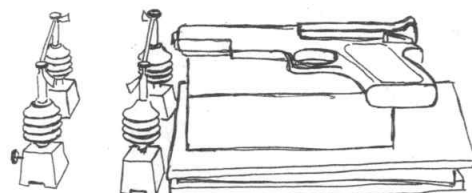


Kraften i afsættet ved et længdespring el. lign. (*)

Afsættet kan undersøges vha videooptagelser.

Luftpistol (*)

Mundingsfarten kan bestemmes ved at lade projektilet bryde to tynde aluminiumsstrimler (eller lysstrålerne i to fotoceller) koblet til et elektronisk ur (det kræver øvelse at ramme selvom pistolen fastspændes), eller man kan affyre projektilet ind i en lerklump anbragt på en vogn på luftpudebanen. Endelig kan man bruge det tidligere omtalte ballistiske pendul.

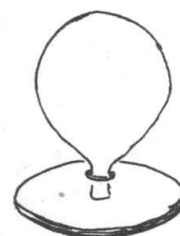


Luftpudebord (*)

Nogle fysiksamlinger råder over et bord, hvor friktionen mod bordet vha luftstrømme op gennem bordet er gjort forsvindende. Bordet er naturligvis ideelt til at vise alle former for 2-dimensionale stød.

Luftbårne skiver (*)

Der findes i handelen nogle runde plexiglasskiver, der midt i er forsynet med et hul og en lille studs til en ballon. Påmonteres en oppustet ballon, kan skiven bevæge sig hen over en rimeligt glat overflade næsten friktionsløst. Skiverne kan bruges både til at vise de almindelige bevægelsesformer og til at vise stød.



β -spektroskopi (**)

Energifordelingen af strålingen fra en almindelig β -kilde kan måles ved at afbøje elektronerne i et magnetfelt. Der findes i handelen en lille plastikskinne til formålet. Den passer til magneterne i en sædvanlig LaPlace opstilling. Elektronernes fart er så høj, at det er nødvendigt at regne relativistisk.

Elektricitet og magnetisme

Statisk voltmeter

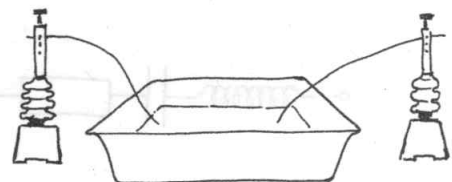
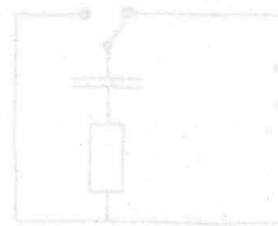
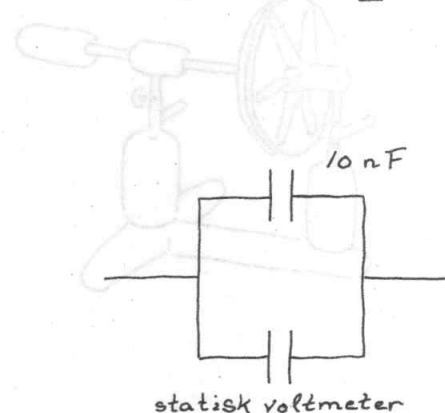
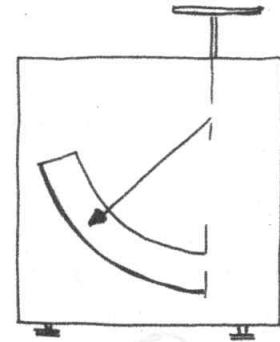
Et statisk voltmeter eller et elektrometer er et elektro-skop med en skala på udslaget. På de finere typer er den bevægelige pind dæmpet. Det statiske voltmeter kan kalibreres ved at lave en kapacitiv spændingsdeler som vist på figuren. Parallelkoblingen af 10 nF kapacitoren og voltmeteret kan herefter bruges som voltmeter eller ladningsmåler, idet den samlede kapacitans af parallelkoblingen kan regnes lig kapacitorens kapacitans. Apparatet kan bruges til påvisning af kapacitative koblinger i hverdagen:

- Apparatets ene pol forbindes til jord. Den anden holdes i hånden, mens man står på f.eks. et ny-longulvtæppe. Hver gang man gnider med foden hen over tæppet øges ladningen på personen og på meteret.
- Med den opladede person i a) kan man undersøge, hvordan kapacitansen afhænger af berøringsfladen. De to fødder virker som to kapacitorer i parallel. Hæves den ene fod formindskes kapacitansen og spændingsforskellen stiger. Hopper man stiger spændingsforskellen kraftigt.

Der findes i dag mange multimetre, der direkte kan måle kapacitans.

Elektrisk felter

- I en flad bakke med et tyndt lag saltvand eller på et stykke kulpapir anbringes f.eks. 2 knappenåle eller andre elektriske ledere f.eks. lavet af alu-folie og udformet på passende vis. Der lægges en spændingsforskel på 10 V - 25 V mellem lederne. Ækvipotentiafladerne kan nu opmåles vha et voltmeter. Lav en overhead der forestiller et stykke mm-papir og anbring den på bunden af karret. Så kan positionerne overføres til et stykke mm-papir ved siden af.



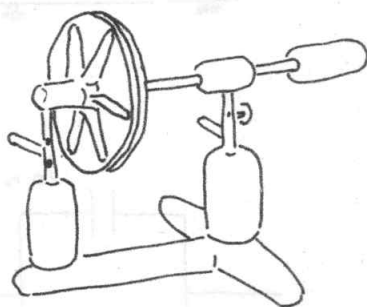
Elektricitet og magnetisme

- b) En petriskål med amerikansk olie anbringes på en overhead. Ned i skålen anbringes to elektroder forbundet til en højspændingskube. Elektroderne kan have forskellig udformning som punkter, pladerne i en kapacitor eller lignende. Drysses nogle semuljegynd ned over olien, vil de i det kraftige elektriske felt polariseres, så de danner små "tog" i feltliniernes retning.



Pladekapacitoren.

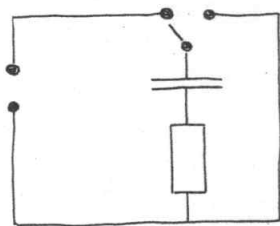
Sammenhængem mellem spændingsforskel og ladning kan måles direkte, idet næsten alle skolesamlinger råder over ladningsmålere.



Man kan vha et elektroskop vise, at spændingsforskellen over en opladet pladekapacitor stiger, når pladeafstanden øges.

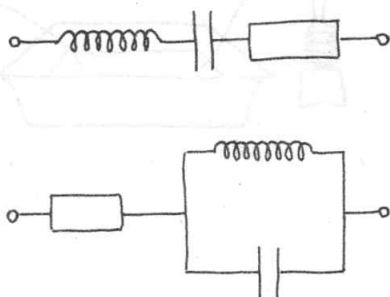
Arealafhængigheden af kapacitansen kan påvises med en klassisk havefest-lampe på elektroskopet. Lampen er lavet som en harmonika. Trækkes den ud med en plastikstang, forøges arealet og elektroskopet reagerer.

Op- og afladning af kapacitorer



Kapacitoren forbindes til en spændingskube via en omskifter (en telegrafnøgle). Op- og afladningen bør ske gennem så stor en resistans, at den karakteristiske tid er af størrelsesordenen 10 s. Op- og afladningen kan følges på en skriver eller på en computerskærm.

RCL-kredse (**)



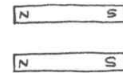
Godt projekt eller 3. års opgave emne. Man kan lave low-pass filter (RL-kredse), high-pass filtre (RC-kredse) og serie eller parallel resonanskredse (RCL-kredse) og naturligvis meget andet. Til teorien anbefales de såkaldte vektordiagrammer.

Påvisning af magnetfelter

Vises med kompasnåle eller jernfilspåner. Læg ved jernfilspånerne et stykke papir over magneten. Kompasnåle fås også i dobbeltophæng, så de kan dreje frit i 3 dimensioner.

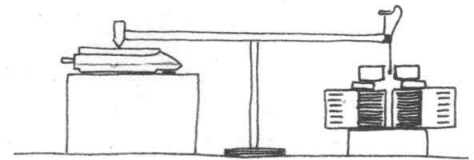
Svævende magnet

Anbringes to små magneter over hinanden med sydpol over sydpol og nordpol over nordpol kan den øverste bringes til at svæve over den nederste. Klemmer man imidlertid de to magneter sammen, forbliver de sammen.



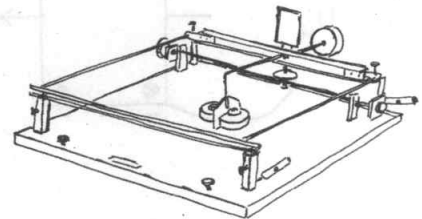
LaPlaces lov

Klassisk elevforsøg der findes i mange udgaver. Et rimeligt nøjagtigt forsøg, der giver god forståelse. Den magnetiske kraft måles lettest med en moderne digitalvægt. Man skal dog være forsigtig med at magnetfeltet fra vægten ikke påvirker lederstykket.



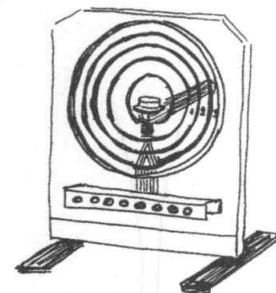
Kraften mellem to strømførende ledere

Apparatet kaldes også en strømvægt. Der medfølger vejledning



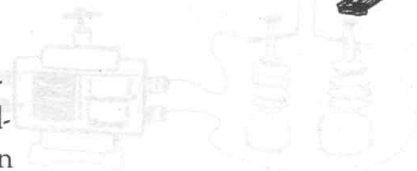
Tangensboussolen

Klassisk skoleforsøg til bestemmelse af magnetfeltet fra en strømførende flad spole. Man måler hvor stor en vinkel feltet fra spolen kan dreje en kompasnål væk fra jordfeltets retning.



Superkraftige småmagneter

Der findes i handelen nogle meget kraftige små magneter lavet af nerodymium/samarium. De giver anledning til en række overraskende forsøg. F.eks kan man lade dem falde ned gennem et metالرør eller rulle ned ad en gardinstang.



Elektricitet og magnetisme**Forvrængning af TV-billede vha magnet**

Holdes en magnet hen i nærheden af skærmen på et TV eller en monitor forvrænges billedet pga elektronernes afbøjning i feltet. Bemærk, at forsøget kan være ødelæggende for TV'et eller monitoren.

Magnetfeltet i spoler

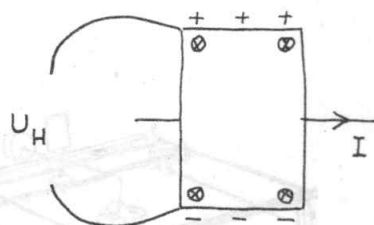
Feltet kan måles vha en Hall-sonde.

Elektronens specifikke ladning (e/m)

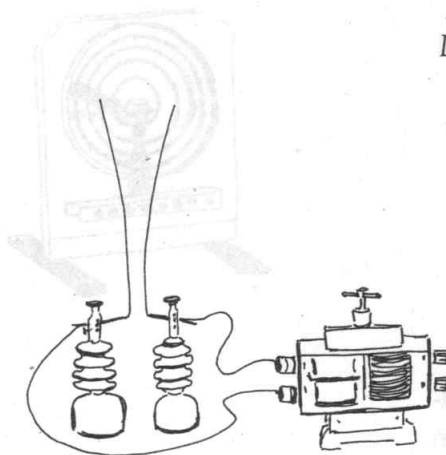
Klassisk skoleforsøg der findes i lidt forskellige udgaver. Husk blot, at glødetråden almindeligvis kun tåler 6,3 V.

Hall effekt

Med en løs Hall-detektor kan man måle, at Hall-spændingen er proportional med strømstyrken gennem sonden og med den magnetiske fluxtæthed. Oftest er Hall-detektoren bygget sammen med sin strømforsyning, og man måler på apparaturet en spændingsforskel, der efter kalibrering er et direkte mål for den magnetiske fluxtæthed. Hallsonder kan godt være lidt drillesyge at arbejde med. Man kan bruge hallsonden til at optegne feltliniebilledet i forskellige spoler og f.eks en hesteskomagnet, idet man først bestemmer fladerne vinkelret på feltlinierne.

**Lysbue vha højspændingstransformator (udladningshorn)**

NB! Forsøget kræver stor forsigtighed. Højspændingssiden på en transformator med hhv 600 og 12000 vindinger forbindes til to metaltråde med en tykkelse på 2 - 4 mm. Trådene bøjes svagt så afstanden mellem dem nederst er 1 - 1,5 cm. Primærsiden af transformatoren sættes til lysnettet, og en tændstik holdes lige under trådernes nederste del. Lysbuer vil så vandre op mellem trådene. Varmen fra tændstikken gør luften lidt ledende, og lysbuen holder luften varmet op. Pga opdriften bevæger lysbuen sig opad.



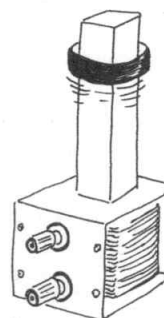
Der kan ikke dannes en ny lysbue, før den foregående er slukket, da spændingen falder kraftigt, mens lysbuen er dannet.

Induktion (**)

Klassisk emne, der pt ikke indgår i pensum, men som rummer en række gode forsøg bl.a. generering af vekselstrøm.

Udskydning af aluminiumsring

En lang jernkerne sættes i en spole med 600 vindinger, og en aluminiumsring sættes rundt om kernen. Forbindes spolen til bynettet, skydes aluminiumsringen højt op i luften. Forsøget kræver naturligvis stor forsigtighed.



Induktiv dæmpning

En messing plade, der svinger i mellemrummet i en kraftig elektromagnet, vil hurtigt dæmpes af de hvirvelstrømme, der opstår i pladen. Laves riller i pladen som var det en kam, dæmpes den næsten ikke.

