

Brugsvejledning for luftpudeskinne nr. 1950.00 og 1950.10

13.12.10

Aa 1950.00 og 1950.10

Udpakning:

Luftpudeskinnen leveres i 2 emballager, et stort kartonrør og en mindre kartonemballage. Ved udpakning fjernes det ene plastdæksel fra kartonrøret og skinnen trækkes forsigtig ud af røret.

Pas på ikke at ridse eller deformere den øverste overflade (den med lufthullerne), da enhver deformation af denne overflade vil forøge friktionen mellem skinne og luftpudevogn.

Den mindre kartonemballage skal indeholde følgende dele :

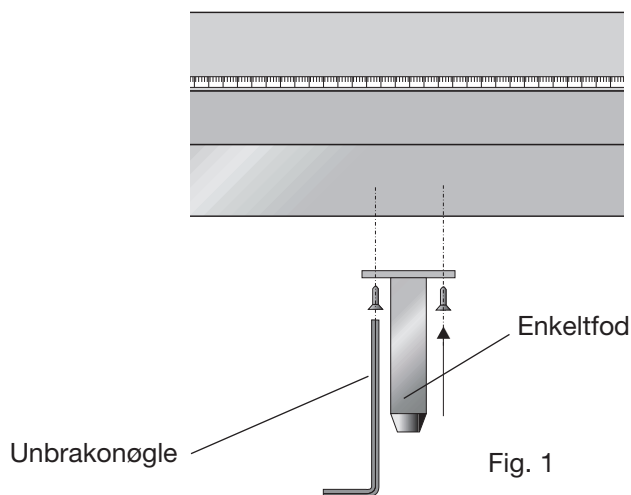
- 1 stk. brugsvejledning
- 1 stk. enkeltfod for luftpudeskinne
- 1 stk. dobbeltfod for luftpudeskinne
- 4 stk. monteringskrue
- 2 stk. unbrakonøgle
- 2 stk. endestop nr. 97390812 for luftpudeskinne
- 2 stk. luftpudevogn nr.1960.00

Plastæske indeholdende følgende:

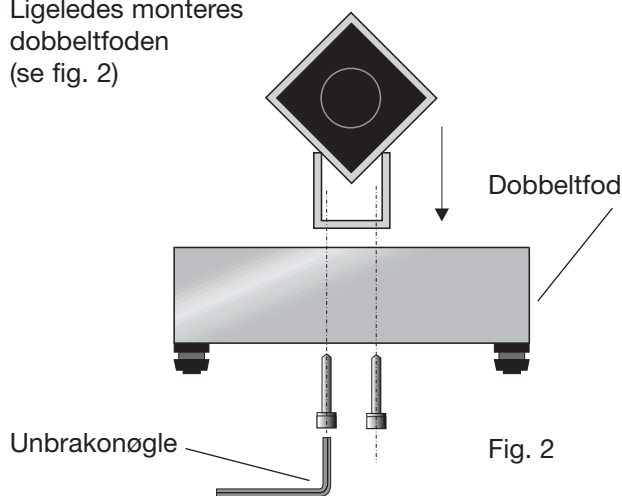
- 3 stk. gafler med elastik og stikben nr. 1955.00
- 3 stk. holder med plade og stikben nr. 1955.10
- 1 stk. holder med nål og stikben nr. 1955.20
- 1 stk. holder med voks og stikben nr. 1955.30
- 1 stk. holder med krog og stikben nr. 1955.40
- 2 stk. blænde med stikben 25 mm, nr. 1955.60
- 1 stk. blænde med stikben 100 mm, nr. 1955.50
- 4 stk. lod for luftpudevogn nr. 1960.10
- 1 stk. trisse med stikben nr. 1965.00
- 4 stk. fingerskrue for endestop

Opstilling:

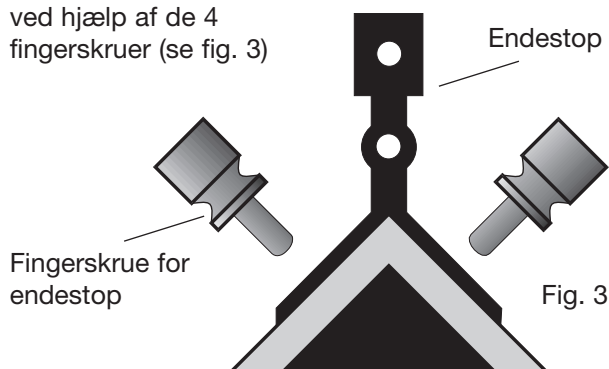
Ved hjælp af medfølgende skrue og unbrakonøgler monteres enkeltfoden (se fig 1).



Ligeledes monteres dobbeltfoden (se fig. 2)



De 2 endestop monteres ved hjælp af de 4 fingerskrue (se fig. 3)



1. Indledning:

Luftpudeskinne nr.1950.00 egner sig, på grund af den meget ringe friktion, fortrinligt til demonstration og eftervisning af mange af mekanikkens fænomener og love. Forsøg som jævn bevægelse, jævn accelereret bevægelse, accelerationsmåling, inertiens lov, Newtons 2. lov og 3. lov og impulsbevarelse (elastisk og uelastisk stød), lader sig på en simpel måde eftervise.

Tidsmålinger på luftpudeskinnen kan foretages ved hjælp af fotoceller nr.1975.50 og elektronisk tæller nr. 2002.50.

Luftpudeskinne nr.1950.10 har mulighed for montering af fotocelle nr.1975.15 direkte på skinnen, der er forsynet med "c"-profil for fastspænding af disse.

2. Beskrivelse:

Luftpudeskinne:

Selve skinnen er udført i et 2 meter langt aluminiumsrør med kvadratisk tværsnit med sider på 63 mm. I den ene ende er røret lukket, i den anden er der en åbning for tilslutning af luftblæser.

De 2 glideflader for luftpudevognene er forsynet med 2 rækker huller, der er forskudt i forhold til hinanden (huldiameteren er på 1 mm og hulafstanden er på 20 mm.). Den kraftige luftstrøm ud gennem de mange huller vil bevirke, at luftpudevognen svæver et stykke over skinnen, hvorved man opnår en tilnærmet friktionsfri bevægelse.

Den ene glideflade er forsynet med et 2 meter langt målebånd med mm-inddeling, hvilket giver mulighed for meget nøjagtige længdemålinger.

Firkanttrøret hviler på en U-formet bæreskinne, der igen hviler på 3 gummifødder, hvoraf de 2 kan højdejusteres.

Firkantskinnen og bæreskinnen er indbyrdes forbundet med 7 skruer, der ved leveringen er justeret således, at linearitetsafvigelsen typisk er mindre end 0,02 mm. Skulle luftpudeskinnen imidlertid komme ud af justering, evt. ved et kraftigt stød, kan den efterjusteres ved hjælp af skruerne på skinnens underside. Vi tilråder dog, at man lader leverandøren foretage denne justering, da det er ret kompliceret og kræver specielt måleudstyr for at opnå den rette linearitet.

Luftpudeskinnen opvarmes lidt af luften fra luftblæseren. Skinnen er justeret, så den er lineær når blæseren har været tændt i ca. 5 minutter. Afvigelsen er dog kun af størrelsesordenen 1% . Efter 5 minutter er der praktisk talt ingen ændringer i måleresultaterne. Luftpudeskinnen bør være ren og støvfri, da et hår eller lignende kan virke meget forstyrrende. Vi anbefaler brug af beskyttelseshætte nr. 1969.00.

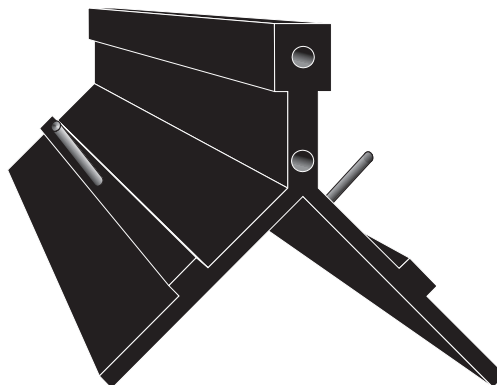
Opstilling af luftpudeskinnen:

Skinnen anbringes på et stabilt bord, luftblæseren tilsluttes, og der anbringes en vogn med 1 lod på hver side midt på skinnen. Banen skal nu justeres

ind, så den er vandret, da det er meget afgørende, at der ikke sker en uønsket acceleration af vognene. Indstillingen kan foretages visuelt, idet man sikrer sig, at vognen kan holde stille eller næsten stille på luftpudeskinnen. Det kan ske, at vognen svinger lidt frem og tilbage, hvilket skyldes, at vognen står asymmetrisk mellem to luftstrømme. Denne effekt har ikke nogen betydning ved brugen af skinnen.

Blæsetrykket indstilles således, at vognen netop hæver sig fra banen og svæver frit på luftpuden. Undgå for højt blæsetryk, da dette indvirker på vognens rolige bevægelse.

Luftpudevogn nr.1960.00:



Luftpudevognen er udført i sort lakeret aluminium. Vognen er forsynet med 5 huller hver med en diameter på 4 mm; hvilket gør det muligt at montere blændere og andet udstyr.

Luftpudevognens masse udgør 180 g, og længden er på 125 mm. Ønskes en masseforøgelse kan der påsættes lodder på stålstifterne anbragt på vognens sider. For at luftpudelaget kan få en ensartet tykkelse, må vognen belastes symmetrisk, altså lige mange lodder på vognens to sider. For at undgå at vognen bliver tungere i den ene ende end i den anden, er det nødvendigt at montere tilbehørsdele i begge ender.

Tilbehørsdelene er lige tunge (10 g) og er konstrueret så delenes tyngdepunkt ligger lige langt fra vognens midte.

Lodder for luftpudevogn nr. 1960.10:

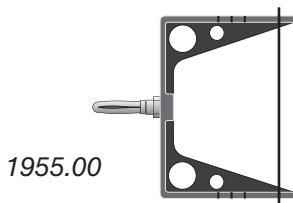
Lodderne er beregnet til at øge vognens masse og hænges på stålstifterne anbragt på vognens sider. Vægt 50 g.



Gaffel med elastik og stikben nr. 1955.00:

Gaffel med 4 par riller for fastgørelse af elastik. Elastikken kan efter behov fastgøres i de forskellige riller. Eventuelle løse elastikender kan bøjes om og fastklemmes i efterfølgende riller.

Gaflen anvendes i forbindelse med affyringsmekanismen for at give vognen en reproducerbar begyndelsesimpuls. Endvidere kan gaflen anvendes ved elastiske stødforsøg. I så fald forsynes den anden vogn med holder med plade nr.1955.10. Endelig er gaflen med til at dæmpe vognens stød mod luftpudeskinnens endestop. Vægt 10 g.

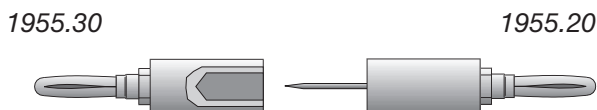


Holder med plade og stikben nr. 1955.10:



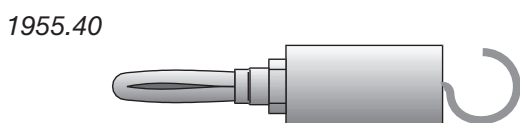
Pladen kan påmonteres luftpudevognen og bruges ved elastisk stød sammen med gaffel nr.1955.00. Pladen monteres på tværs af elastikken i gaffel nr.1955.00. Vægt 10 g.

Holder med nål og stikben nr.1955.20, holder med voks og stikben nr. 1955.30:



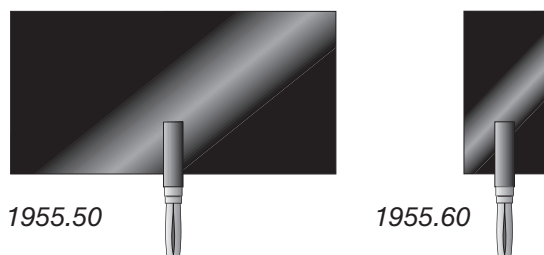
Holderne monteres på hver sin vogn pegende hinanden. Ved sammenstød kobles vognene sammen. Ved gentagne sammenstød med varierende belastninger eller anden ændring, bør voksen sammenpresses før nyt forsøg. Vægt pr. enhed 10 g.

Holder med krog og stikben nr. 1955.40:



Anvendes som trækkrog ved accelerationsforsøg. Vægt 10 g.

Blænde nr. 1955.50 og blænde nr. 1955.60:



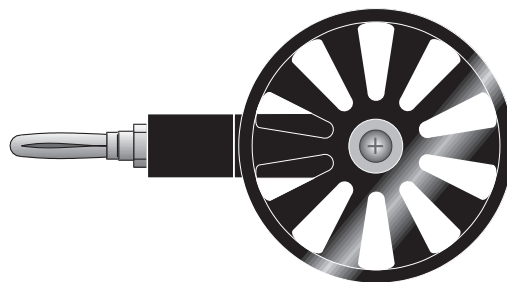
Blænderne er udført i sort kunststof og kan ved hjælp af deres stikben med en diameter på 4 mm, monteres på luftpudevognen. De anvendes til at bryde lys fra fotoceller og derved styre elektroniske måleapparater.

Begge 50 mm, høje blændere adskiller sig fra hinanden i længde og vægt.

1955.50 længde = 100 mm. vægt = 10 g

1955.60 længde = 25 mm. vægt = 5 g

Trisse med stikben nr. 1965.00:



Letløbende trisse, der kan fastgøres i det ene endestop. Bruges ved accelerationsforsøg.

Blænde for sidemontering nr.1955.80 (kun standardtilbehør til luftpudeskinn 1950.10)

Som nr.1955.60, men til at montere på siden af vogn nr. 1960.00 i forbindelse med fotocelleenhed nr. 1975.10.

Blænden anvendes i forbindelse med hastighedsmålinger med vogne på luftpudeskinn nr. 1950.10. Blænden monteres på siden af vognen, idet den presses ned over ståltappen. Blænden styres sideværts, idet rillen i blænden presses ned over styreribben på vognen.

For at undgå at vognen bliver sidetung leveres blænden med et tillægslod med samme masse som blænden (5 g). Dette lod anbringes på vognens modsatte side. Masse af blænden er 5 g.

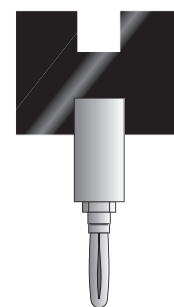


1955.80

EKSTRA TILBEHØR:

Holder med blænde nr.1955.70:

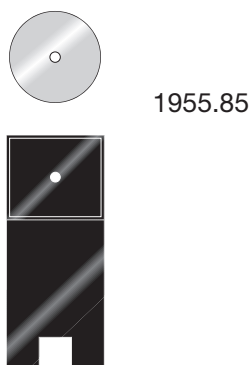
Blænden er forsynet med hak. Anvendes i forbindelse med fotocelle nr.1975.00 og tællere type 2000.xx og 2001.xx, hvor man måler tiden mellem 2 afbrydelser af lyset på fotocellen. s = 25 mm. Vægt 10 g.



1955.70

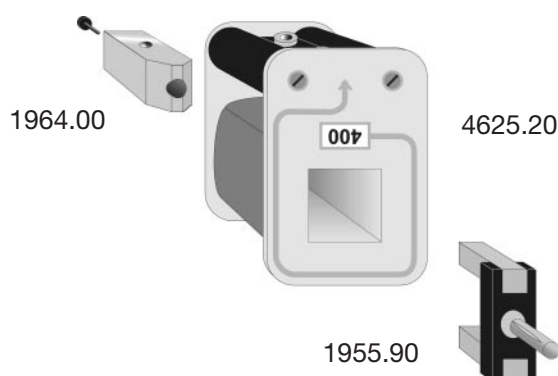
Blænde for sidemontering nr. 1955.85

Blænde som 1955.80 men med hak jævnfør blænde nr. 1955.70.



Affyringsmekanisme nr. 1952.00

Sættet indeholder følgende dele:



Anker med stikben nr. 1955.90:

U-formet blødtjærnskerne, der anvendes i forbindelse med affyringsmekanismen. Luftpudevogn med anker skubbes hen til elektromagneten og fastgøres til denne, når strømmen sluttes. Brydes strømmen, vil luftpudevognen frigøres. Vægt 10 g.

Jernkerne med skrue nr. 1964.00:

Til montering af spole nr. 4625.20. Jernkernen monteres på endestop nr. 1968.00.

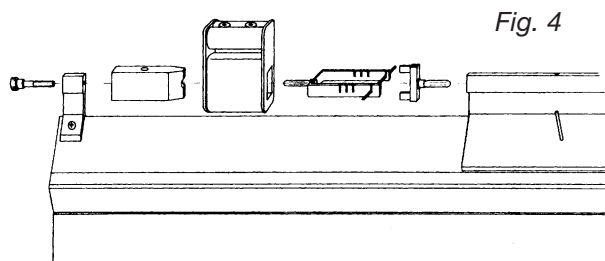
Spole med 400 vindinger nr. 4625.20:
Tilsluttes ca. 8 V DC.

Luftpudeskinnen leveres med et "Y" -formet endestop til montering i den ene ende. Figur 4 viser hvordan man ved hjælp af en spole, gaffel med elastik samt anker med stikben for vogn kan opbygge en elektromagnetisk affyringsmekanisme for vognen. Den anden ende er forsynet med et tilsvarende endestop, hvorpå der kan opbygges et tilsvarende arrangement eller påmonteres andet standardudstyr som letløbende trisse, gaffel med elastik eller lignende.

Montering af affyringsmekanismen (se fig. 4):

Spolen på 400 vindinger skubbes ind på den på luftpudeskinnen monterede jernkerne og fastholdes v.h.a. en kuglelås (kuglelåsen kan evt. strammes via skrue på undersiden af jernkernen).

Derpå monteres gafflen med elastik og stikben (nr.1955.00), og spolen tilsluttes en spændingskilde på ca. 8 V DC. gennem en afbryder (f.eks. nr. 1985.00).



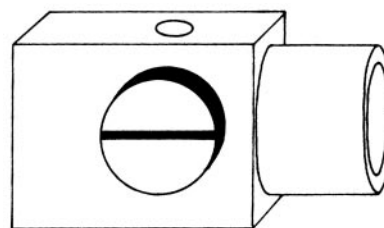
Slidslodder m. holder nr. 1963.00:

Anvendes sammen med trisse nr. 1965.00 til acceleration af luftpudevognen. Følgende træklodder medfølger: 10 g, 5 g, 2 g og 2 x 1 g. Holderens egen vægt er 1 g. Totalvægt 20 g.

1963.00



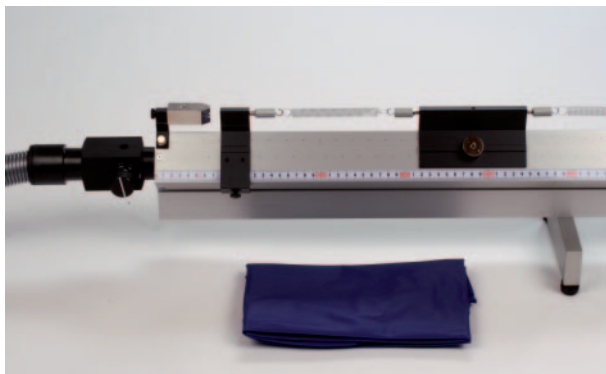
Luftafbryder nr. 1967.00:



1963.00

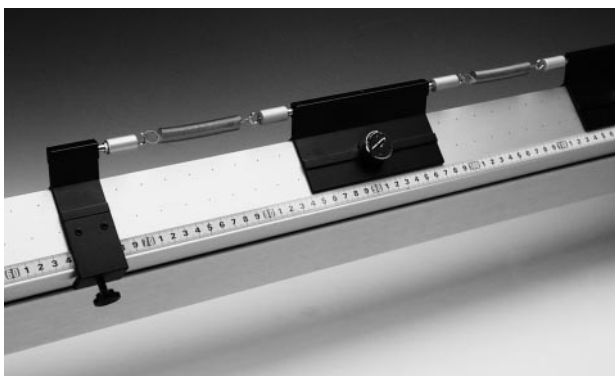
Anvendes til pludselig afbrydelse af luftstrømmen til luftpudeskinnen. Udført i PVC og forsynet med drejeknap for afbrydelse af luftstrømmen. Monteres mellem slange fra luftblæser og luftpudeskinn. Vægt 250 g. Visse målinger kan udføres ved hjælp af luftafbryderen, idet bevægelsetiden for 2 vogne er den samme, men placeringen af vognene efter afbrydelse af luftstrømmen indikerer den tilbagelagte vejstrækning.

Flytbar endestop nr. 1968.00



Kan påmonteres luftpudeskinnen, så vejlængden gøres kortere. Vægt 75 g.

Een eller flere vogne kan sammenkobles ved hjælp af fjedre (2155.20) og derved demonstrere koblede harmoniske svingninger. For at tilpasse fjederkraften anvendes det flytbare endestop.



Beskyttelseshætte nr. 1969.00:

Anvendes som beskyttelseshætte for luftpudeskinnen. Udført i PVC og forsynet med indlagt blykant. Vægt 550 g.

Blæseaggregat med slange nr. 1970.60:



Trinløs regulerbar og lyddæmpet blæser for luftpudeskinnen.

Forsynet med sikring og lysindikator for "Power". Driftsspænding 220V, 50 Hz. Vægt 7,1 kg.

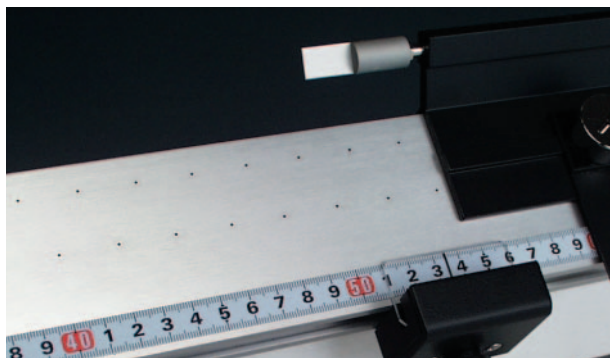
Fotocelleenhed med ledning nr. 1975.50:



Anvendes til tidtagning på luftpudeskinne nr. 1950.00. Enheden består af lyskilde og fotocelle. Forsynet med 10 mm. opspændingstap. Direkte tilslutning til tæller nr. 2002.50 gennem medfølgende skærmet kabel med DIN-stik. Lampehuset indeholder en kraftigt lysende diode, der er placeret bag en spalte.

Lysåbning 90 mm.

Fotocelleenhed nr. 1975.10:

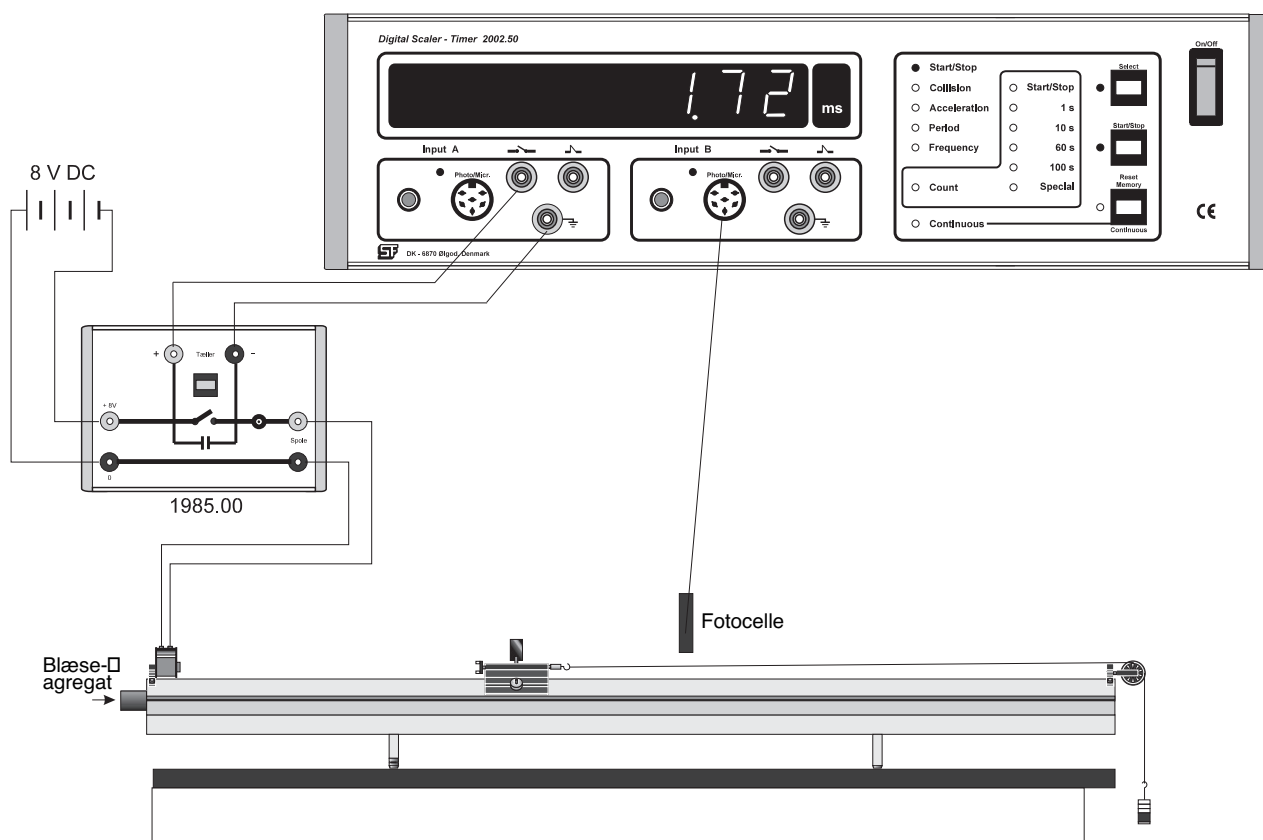


Anv. til måling på luftpudeskinne nr.1950.10.

Enheden kan direkte monteres på luftpudeskinnen og er forsynet med skydeviser og stik til tæller nr. 2002.50 gennem et skærmet kabel med DIN-stik.

Eksempler på forsøg på luftpudeskinne

Forsøg 1



Newtons 2. lov

Med denne opstilling startes tællerens ur med afbryderboxen, og stopuret stoppes med fotocellen.

Sammenhængen mellem position, s , og tid, t , for en lineær bevægelse med konstant acceleration, a , er:

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + 1/2 \cdot a \cdot t^2$$

Ved en bevægelse, hvor luftpudevognen til en begyndelse står stille, er $v_0 = 0$, og på luftpudebanen kan s_0 sættes til 0. Så reduceres ligningen til:

$$s = 1/2 \cdot a \cdot t^2$$

Ved at måle en række sammenhørende værdier af s og t , kan a bestemmes f.eks. ved at plote værdierne ind i et koordinatsystem, gerne et (t^2 ; s)-koordinatsystem, hvorved a kan bestemmes som 2x hældningskoefficienten. Accelerationen er bestemt af den trækraft luftpudevognen påvirkes af. Denne kan med god tilnærmelse sættes lig med tyngdekraften på det lille træklo. Herved kan Newtons anden lov eftervises:

$$F = m \cdot a$$

Bemærk, at det er centralt at måle s korrekt. Dette gøres ved at måle afstanden mellem midten af fanen på luftpudevognen, og midten af fotocellen.

Anvendes luftpudebanens affyringsmekanisme (elastik med holder), vil luftpudevognen have en begyndeshastighed, v_0 , og bevægelsesligningen bliver da:

$$s = v_0 \cdot t + 1/2 \cdot a \cdot t^2$$

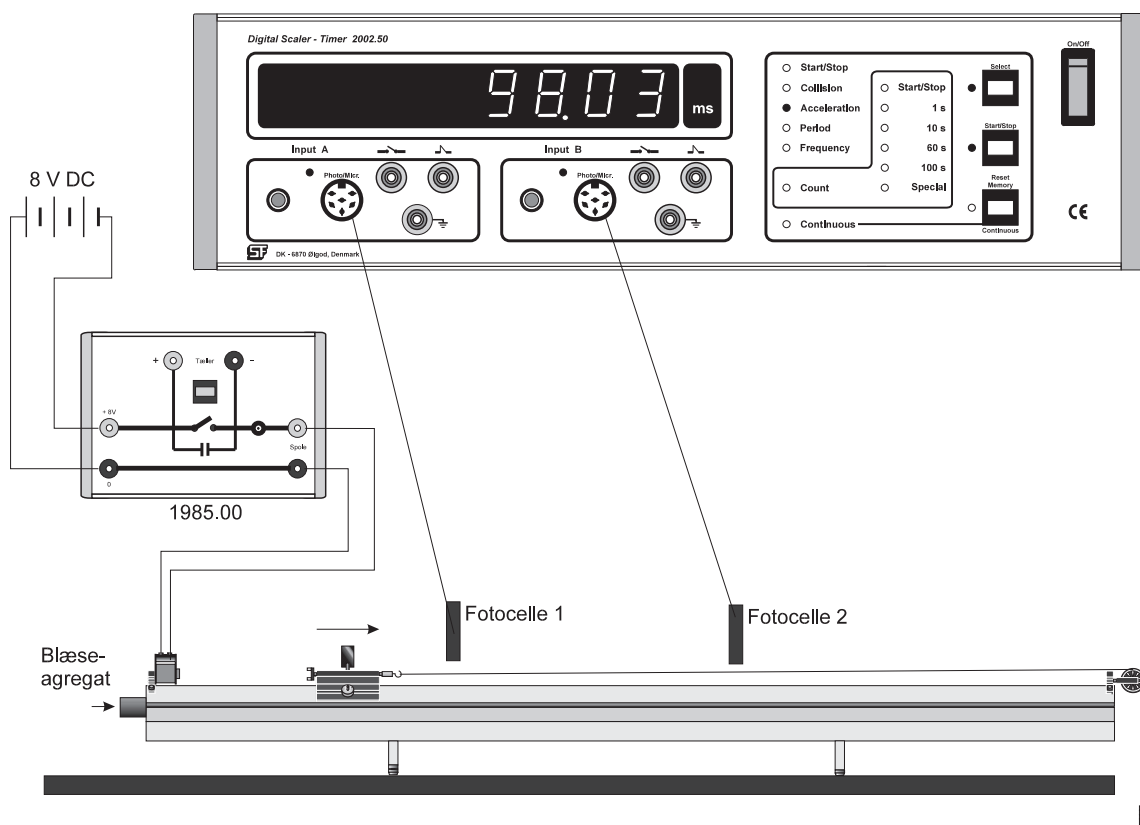
NB:

Ved at anlægge energibetragtninger vil man finde, at der er en lille fejl i ovennævnte antagelse, idet tyngdekraften på det lille lod ikke blot trækker i luftpudevognen, men også i trækloppet. Hvis imidlertid trækloppet's masse er meget lille ($> 5\%$) i forhold til luftpudevognen, har det ikke nogen praktisk betydning for forsøget.

Anvendt udstyr:

1 stk. Luftpudeskinne	1950.00
1 stk. Blæseagregat m. slange	1970.50
1 stk. Affyringsmekanisme	1952.00
1 stk. Trækloppet	1963.00
1 stk. Fotocelleenhed	1975.50
1 stk. Elektronisk tæller	2002.50
1 stk. Afbryderboks	1985.00
1 stk. Strømforsyning	3620.50

Forsøg 2 – måling af acceleration



Anvendt udstyr:

1 stk. Luftpudeskinne	1950.00
1 stk. Blæseagregat m. slange	1970.50
1 stk. Affyringsmekanisme	1952.00
1 stk. Træklodder	1963.00
2 stk. Fotocelleenhed	1975.50
1 stk. Elektronisk tæller	2002.50
1 stk. Afbryderboks	1985.00
1 stk. Strømforsyning	3620.50

Acceleration

Med denne opstilling måles passagetiderne ved hver af fotocellerne, samt tidsrummet mellem de to passager. Ud fra de to passagetider kan hastighederne ved de to fotoceller beregnes som fanelængden divideret med passagetiden:

$$v = l/t$$

Accelerationen er defineret som hastighedsændring per tidsenhed, d.v.s.:

$$a = (V_1 - V_2)/t_{1 \rightarrow 2}$$

index'erne 1 & 2 repræsenterer de to fotoceller.

Samles de to formler bliver det:

$$a = (l/t_1 - l/t_2) / t_{1 \rightarrow 2}$$

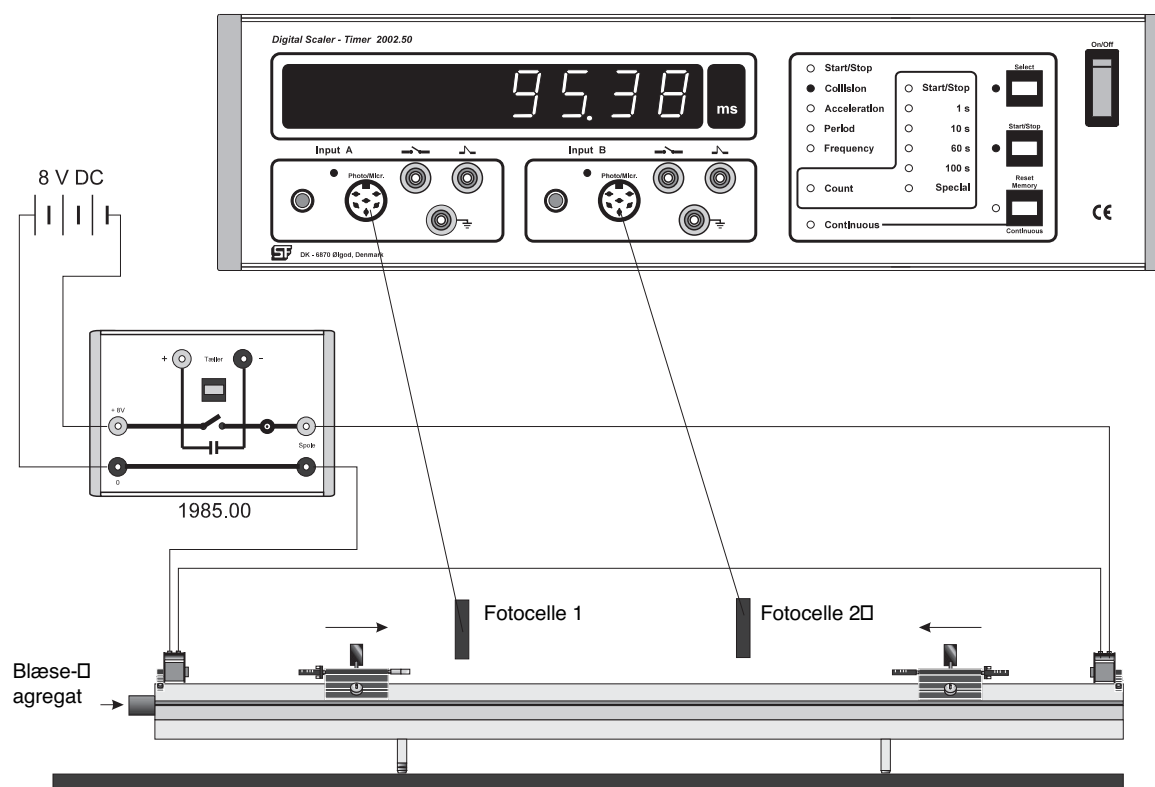
t_1 , t_2 og $t_{1 \rightarrow 2}$ aflæses på tælleren, mens fanelængden l måles manuelt.

a kan sammenlignes med den forventede værdi, der beregnes ud fra Newtons anden lov:

$$F_{\text{res}} = m \cdot a \quad (\leftrightarrow a = F_{\text{res}}/m),$$

hvor F_{res} i dette tilfælde er tyngdekraften på det lille træklod, og m er massen af luftpudevognen.

Forsøg 3 – kollision



Anvendt udstyr:

1 stk. Luftpudeskinne	1950.00
1 stk. Blæseaggregat m/slange	1970.50
2 stk. Affyringsmekanisme	1952.00
2 stk. Fotocelleenhed	1975.50
1 stk. Elektronisk tæller	2002.50
1 stk. Afbryderboks	1985.00
1 stk. Strømforsyning	3620.50

Med denne opstilling måler tælleren passagetiderne ved de to fotoceller. Tælleren kan måle op til 4 passagetider.

Kollision

Med denne opstilling kan impulsbevarelsessætningen;

$$m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2 = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2$$

efterves. I denne ligning benævnes hastighederne for de to luftpudevogne før kollisionen u_1 og u_2 , h.h.v. v_1 og v_2 efter kollisionen, m_1 og m_2 er de to vognes masser. Det er vigtigt at hastighederne regnes med fortegn, dvs bevægelse i den ene retning er positiv m.h.t. hastighed, og bevægelse i den anden retning er negativ mht hastighed.

Ved at måle værdierne for luftpudevognenes passagehastigheder, kan de enkelte luftpudevognes impuls beregnes, og impulsbevarelsessætningen kan eftervises. Forsøget kan varieres på en række måder hvor vognenes masser og begyndelseshastighed og -retning varieres.