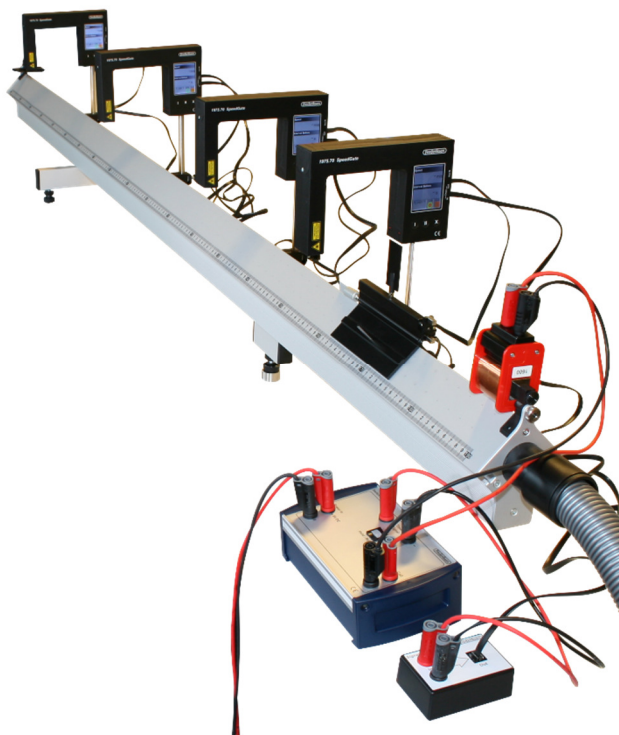


Experiment nummer	134640	Emne	Mekanik, kinematik		
Version	2018-01-22 / HS	Type	Demo-eksperiment	Foreslås til	10, gymBC p. 1/4



### Formål

En demonstration af bevægelse med konstant acceleration.

### Princip

En luftpudeskinne - med dens stort set friktionsløse bevægelse – udgør et moderne alternativ til Galileis skråplan af træ.

Langs med luftpudeskinnen måler et antal SpeedGates farten samt tiden fra bevægelsen startede til passage af SpeedGate'n.

### Apparatur

(Detaljeret apparaturliste på s. 4)

Luftpudeskinne med standardudstyr  
Blæser

Affyringsmekanisme  
Afbryderboks  
Signalbegrænser  
Strømforsyning

Fire SpeedGates inkl. forbindelseskabler <sup>1)</sup>  
Fire monteringsbeslag til SpeedGate

<sup>1)</sup> Et vilkårligt antal SpeedGates kan anvendes. Hvis der kun bruges én, skal målingen gentages med samme hældning og forskellige positioner af SpeedGaten.

*"Der blev taget et stykke bræt eller planke, der var omkring 12 alen<sup>2)</sup> lang, en halv alen bred og tre fingerbredder tykt; på dens kant blev der skåret en rende lidt mere end en finger i bredden; efter at have lavet denne rille meget lige, glat og poleret og foret den med pergament, også så glat og poleret som muligt, lod vi en hård, glat og meget rund bronzekugle rulle ned ad den ..."*

Galilei: Afhandlinger vedrørende to nye videnskaber (1638)

<sup>2)</sup> Italiensk: *braccia*. 1 *braccio* ≈ 583 mm



(Rekonstruktion)

## Forberedelser

Placer luftpudeskinnen på et stabilt bord. Juster eventuelt fødderne, til skinnen står vandret. (Det er ikke nødvendigt at være specielt omhyggelig, da skinnen stilles skråt om lidt..) Juster blæseren, så vognen bevæger sig helt jævnt.

Monter affyringsmekanismen med fingerskruen i den ene ende af skinnen. Der skal ikke bruges en elastikgaffel her – vi ønsker en begyndelsehastighed på nul. Den tilhørende jernkerne passer i enden af vognen.

I skinnens anden ende er det en god ide at placere en elastikgaffel for at undgå, at vognen rammer hårdt ind i endepladen.

Med vognen placeret helt op imod affyringsmekanismen, forskydes den nærmeste SpeedGate, indtil dens første lysstråle akkurat "rører" fanen på vognen. Brug millimeterskalaen på skinnen til at aflæse positionen af SpeedGaten:  $x_0$ . Skriv ned. Forskyd SpeedGaten til en position ca. 25 cm længere nede af skinnen.

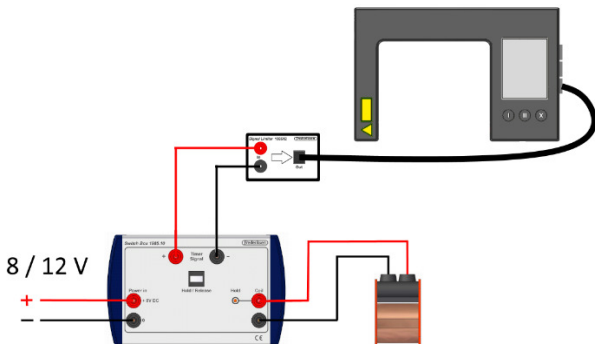
Alle SpeedGates skal vende i samme retning.

Anbring et af de cylindriske 50 g lodder under luftpudeskinnens enkeltfod, så skinnen hælder en smule.

Forbind afbryderboksen til strømforsyningen, spolen i affyringsmekanismen, samt til signalbegrænsere som vist herunder.

Tænd for strømmen i spolen. Juster spændingen, til den kun lige kan forhindre vognen i at starte.

Sluk for spolen igen. Dette gøres hver gang, der ikke er brug for strøm i spolen (af hensyn til overophedning).



Forbind signalbegrænsere til *Chain IN* på den første SpeedGate med det medfølgende kabel.

Hver af de følgende SpeedGates har deres *Chain IN* forbundet til *Chain OUT* på den foregående SpeedGate.

Vælg primær funktion *Speed* og sekundær funktion *Interval Before* på alle SpeedGates. I denne konfiguration nulstilles alle SpeedGates ved tryk på *X*-knappen på den første SpeedGate, og de starter alle deres intervaltimer, når startpulsene modtages fra afbryderboksen.

## Procedure

Tænd for strømmen gennem spolen, anbring vognen ved startpunktet, nulstil SpeedGates.

Afbryd strømmen til spolen på afbryderboksen, hvilket starter vognens bevægelse. Når vognen passerer en SpeedGate, standses dens tidtagning og vognens fart registreres.

Det er OK, hvis vognen reflekteres af elastikgafflen i den nederste ende – SpeedGaten vil ikke starte en ny måling, før de er nulstillet.

Hvis ikke du har lige så mange SpeedGates, som du ønsker målepunkter, gentages proceduren med de nye positioner.

## Mulig udvidelse

Ovenstående procedure er alt, hvad der skal til for et hurtigt demonstrationsforsøg.

Det er muligt at udvide eksperimentet til en grundig, kvantitativ undersøgelse.

I så fald gentages målingerne med forskellige, kendte, hældningsvinkler  $\theta$ .

Sammenlign den målte acceleration (se næste afsnit) med den komponent af  $g$  (tyngdeaccelerationen), som er parallel med skinnen:

$$a_{\text{Teori}} = g \cdot \sin(\theta)$$

Det er nødvendigt at kunne måle  $\theta$  præcist:

Med skinnen præcis vandret måles afstanden fra bordet til hver af skinnens to ender.

For hver hældningsvinkel gentages dette. Beregn herudfra, hvor meget hver ende er løftet eller sænket.

Mål afstanden mellem de to endepunkter af skinnen, der blev brugt ovenfor.

Bestem vinklen vha. trigonometri..

## Teori

For bevægelse med konstant acceleration  $a$  forventes hastigheden  $v$  at vokse proportionalt med tiden  $t$ :

$$v = a \cdot t$$

Tilsvarende forventes afstanden  $s$  at øges proportionalt med tiden i anden, eller mere præcist:

$$s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Denne simple form af ligningerne forudsætter, at både hastighed og afstand er nul, når tidtagningen starter. Vi bestræber os bedst muligt på at overholde dette, men må alligevel være forberedt på mindre afvigelser. I så tilfælde kan nedenstående, mere komplette formler komme i sving:

$$v = a \cdot t + v_0$$

$$s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + s_0$$

(Den fuldt generelle formel

$$s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + v_0 \cdot t + s_0$$

egner sig ikke til den grafiske analyse som beskrives nedenfor. I praksis er den ikke nødvendig.)

## Beregninger

Indsæt data i et regneark som dette:

$x_0$ :	cm				
$x$	$s$	$t$	$v$	$t^2$	$s$
cm	cm	s	m/s	$s^2$	m
	0			0	0

De farvede celler svarer til direkte målte værdier. Størrelsen  $x$  er den aflæste position af SpeedGaten og  $t$  og  $v$  er hhv. *Interval Time* og *Speed*, direkte aflæst på SpeedGaten. Størrelsen  $s$  (cm) er simpelthen:

$$s = x - x_0$$

Søjlerne  $t^2$  og  $s$  (m) beregnes ud fra  $t$  hhv.  $s$  (cm).

Opret to grafer: En med  $v(t)$  og en med  $s(t^2)$ . Tilføj bedste rette linje for hver graf.

Hvis du har været omhyggelig – eller heldig – kan begge datasæt approksimeres glimrende af en ret linje gennem Origo.

Såfremt det første datapunkt (for  $t=0$ ) ligger lidt ved siden af linjen, kan det ganske enkelt slettes fra tabellen.

## Diskussion og evaluering

Størrelserne  $s_0$  og  $v_0$  kombinerer begge to forskellige fejl:

Det er svært at bestemme en præcis værdi for  $x_0$ .

Og der vil sandsynligvis være en anelse resterende magnetisme i startmekanismen efter strømmen er slukket.

Bortset fra disse små fejl – som forhindrer linjen gennem datapunkterne i at gå gennem Origo – burde resultaterne være overbevisende konsistente med teorien.

Hvis tiden tillader det, kan værdien for  $a$  bestemmes ud fra hver af de to grafer, og skulle gerne have stort set samme størrelse.

## Noter til læreren

### Anvendte begreber

Hastighed  
Acceleration

### Matematiske forudsætninger

Simpel indsættelse i formler  
Grafer i et regneark  
(Trigonometri)

### Om apparaturet

Den nyeste version af affyringsmekanismen (195210) anbefales.

Den ældre version (195200) trækker unødvendig stærkt og har større tendens til overophedning. Man kan eventuelt klæbe lidt karton udenpå jernkernen med tape, så magneten ikke trækker hårdere end den netop kan fastholde vognen.

## Detaljeret apparaturliste

### Specifikt for eksperimentet

195050 Luftpudeskinne (inkl. tilbehørssæt)  
197070 Blæser til luftpudeskinne  
197570 SpeedGate (4 stk.)  
195055 Monteringsbeslag til 197570 (4 stk.)  
195210 Affyringsmekanisme, elektrisk  
198510 Afbryderboks  
198512 Signalbegrænser

### Standard laborarieudstyr

361600 Strømforsyning (-el. lign.)  
105720 Sikkerhedskabel silikone 50 cm sort (2 stk.)  
105721 Sikkerhedskabel silikone 50 cm rød (2 stk.)  
105740 Sikkerhedskabel silikone 100 cm sort  
105741 Sikkerhedskabel silikone 100 cm rød

### Reserve dele

197571 Modularkabel, krydset2m  
(Dette kabel følger med hver SpeedGate)