

Nummer	134720	Emne	Mekanik, dynamik		
Version	2017-04-26 / HS	Type	Elevøvelse	Foreslås til	gymAB p. 1/4



(Billedet viser vores luftpudeskinne 195050. Forsøget udføres ligeså godt på skinne 195000 eller 195010)

Formål

Vi undersøger elastiske og uelastiske sammenstød mellem to vogne på en luftpudeskinne. For begge typer stød undersøges, om der er impuls- og energibevarelse.

Princip

Luftpudeskinnen giver mulighed for (næsten) friktionsløs bevægelse i 1 dimension. Derved opnås, at de eneste kræfter, som virker i banens længderetning, er de indbyrdes påvirkninger mellem de to vogne. Vognene kan derfor betragtes som et isoleret system.

De to vogne sendes mod hinanden med varierende hastighed. Vognenes masser kan ligeledes varieres.

Vognenes hastigheder måles med to SpeedGates, som direkte kan vise hastigheden ved passage. SpeedGate husker den foregående måling, og passer derfor perfekt til stødforsøg, hvor fotocellen typisk passerer en gang ind mod stødpointet og en gang mere på tilbagevejen.

Apparatur

(Komplet apparaturliste på sidste side)

Luftpudeskinne med tilbehør og blæser

To SpeedGates til hastighedsmålinger

Udførelse

Opstillingen er vist på side 1. Det er vigtigt, at de to SpeedGates vender samme vej.

Juster luftpudeskinnen, så den står vandret. En vogn på skinnen skal kunne stå omtrent stille overalt. (Ganske små skævheder er dog uden betydning.)

Indstil de to SpeedGates til at vise *Speed* samt *Previous Value*.

Husk at notere hastighedernes *fortegn*, når værdierne aflæses. Retningen ind mod en SpeedGates forside angives i displayet som positiv.

Under visse forsøgsbetingelser kan begge vogne bevæge sig i *samme* retning efter sammenstødet. Det betyder, at tre hastigheder skal aflæses på samme SpeedGate; den første hastighed (før stødet) skal da noteres, inden den sidste vogn passerer fotocellen.

Alle stødforsøg udføres med *passende små hastigheder*. Hvis der køres for hurtigt, kan vognene få

kontakt med skinnen i sammenstødet – og forsøget er mislykket og må tages om. (Kan som regel høres.)

Når en vogns masse skal bestemmes, skal den vejes med det aktuelle udstyr monteret (fane, tilbehør i enderne, ekstra lodder).

Udstyr til vognens ender skal altid monteres i *begge* ender – ellers vil vognen "surfe" af sted med den tunge ende forrest.

Alle resultater indføres i et skema som det viste (gerne i et regneark):

Målte værdier						Beregnete værdier			
m_1	m_2	Før		Efter		Samlet impuls		Samlet kin. energi	
		u_1	u_2	v_1	v_2	p Før	p Efter	$E_{Kin, \text{Før}}$	$E_{Kin, \text{Efter}}$

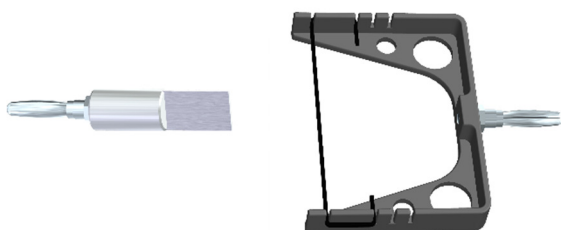
NB: Alle værdier skal noteres med både *fortegn* og *enheder*.

1a – Elastiske stød, omtrent ens masser

Vognene monteres med udstyr til elastiske stød i enderne (elastik i gaffelholder hhv. aluminiumsplade) – men uden ekstra lodder.

Vej begge vogne præcist.

Start de to vogne udenfor fotocellerne, så de mødes mellem fotocellerne. Grib vognene, når de er udenfor fotocellerne igen. De to SpeedGates vil da vise både



hastighederne efter og før stødet.

Disse målinger udføres nogle gange.

1b – Elastiske stød, forskellige masser

Sæt to 50 g-lodder på den ene af vognene. Vej begge vogne præcist.

Gentag proceduren fra 1a. Det er en god idé at starte den tungeste vogn først, med noget langsommere hastighed end den anden. Begge hastigheder skal stadigvæk være beherskede!

Som en variationsmulighed kan man lade den tunge vogn stå stille mellem fotocellerne inden stødet, og kun sætte den lette i bevægelse. (Hold den tunge vogn stille med en fingerspids, indtil den anden vogn er 15-20 cm væk.)

2 – Uelastiske stød

Udskift udstyret i de to vognender, som støder sammen, til hhv. nål og rør med voks. Vej begge vogne præcist.

Når vognene støder sammen, skal de hænge sammen og fortsætte med en fælles hastighed. (Et sådant stød



kaldes et *fuldstændigt uelastisk stød*.)

Stands "vogntoget", når den første vogn har passeret en SpeedGate og anvend denne hastighed for dem begge.

Som før udføres flere målinger.

Variér også gerne massen med ekstra lodder (husk at veje).

Teori

Et legemes *impuls* (bevægelsesmængde) p er givet ved legemets masse m og hastighed v :

$$p = m \cdot v$$

I enhver fysisk proces er den *samlede* impuls (bevægelsesmængde) bevaret. Da de to vogne betragtes som et isoleret system, kan vi for stødprocessen skrive

$$p_{\text{Før}} = p_{\text{Efter}}$$

eller

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

hvor m_1 og m_2 er vognenes masser. Vognenes begyndeshastigheder er u_1 og u_2 ; deres hastigheder efter kollisionen er v_1 og v_2 .

For *elastiske* kollisioner er den mekaniske energi desuden bevaret.

Da bevægelsen foregår langs en vandret linje, sker der ingen ændringer i den potentielle energi, som derfor for nemheds skyld sættes lig med nul. Vi ser derfor kun på den kinetiske energi. Vi får dermed, at

$$E_{\text{Mek,Før}} = E_{\text{Mek,Efter}}$$

kan skrives som

$$\frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot u_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot u_2^2 = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2^2$$

Bemærk den principielle forskel mellem disse to ligninger: Impuls har fortegn ligesom hastigheden, mens den kinetiske energi altid er positiv.

Beregninger

Inden indsættelse i formler skal du sikre en konsistent brug af enheder. Det nemmeste kan være at lave en ny version af skemaet med alle størrelser omregnet til SI-enheder.

Udfyld de fire sidste kolonner i skemaet. Vær fortsat omhyggelig med fortegnene.

Bemærk: Hvert enkelt stødproces behandles for sig. Det er meningsløst at prøve at regne på gennemsnitsværdier.

Diskussion og evaluering

Kan du eftervise, at der er impulsbevarelse i alle de målte situationer?

Der vil naturligvis altid være små afvigelser.

For at vurdere, om en afvigelse er acceptabel, kan du sammenligne den med den (numerisk set) *største* af impulserne før stødet.

Beregn afvigelsen i % i forhold til denne.

(Det er derimod ikke rimeligt at sammenligne med den *samlede* impuls, da denne typisk er sammensat af to størrelser med modsat fortegn. Den samlede impuls kan derved blive tæt på nul, så den %-vise afvigelse vil blive beregnet som meget, meget stor.)

I hvilke situationer vil du forvente bevarelse af den kinetiske energi?

Hvor godt stemmer måleresultaterne med forventningerne?

Ved kinetiske energier kan man sammenligne afvigelserne med den samlede kinetiske energi inden stødet.

(Da alle de kinetiske energier er positive (eller evt. nul), skabes der ikke en situation, hvor %-vise afvigelser blæses kunstigt op.)

Noter til læreren

Benyttede begreber

Masse
Hastighed
Impuls
Mekanisk energi

Matematiske forudsætninger

Formelindsættelse
Procentregning
Evt. brug af regneark

Om apparaturet

SpeedGates måler passagetid mellem de to lysstråler ud fra fronten af det objekt, der skygger for lyset. Længden af de to faner på luftpudevognene er derfor ikke vigtig.

Luftpudebænken skal justeres vandret, inden målingerne foretages. Eleverne kan selv udføre denne justering – eller den kan være sket inden lektionen.

Blæseren skal skrues op, så vognene helt sikkert har sluppet skinnen.

Omvendt er det ingen fordel med alt for stærk luftstrøm, da en enkelt luftstråle så kan vippe vognen en smule med en horisontal kraftpåvirkning til følge.

Detaljeret apparaturliste

Specifikt for eksperimentet

195050 Luftpudeskinne m. tilbehør
197070 Blæser
197570 SpeedGate (2 stk.)
195055 Monteringsbeslag for SpeedGate (2 stk.)

Standard laboratorieudstyr

102962 Vægt, 500 g / 0,1 g – eller tilsvarende

Hvis ældre luftpudeskinne benyttes, erstattes de to styk 195055 af følgende:

000100 Stativfod A-fod 2,0 kg (2 stk.)
000830 Stativstang 50 cm (2 stk.)
002310 Stativmuffe, firkantet (2 stk.)

Reklamationsret

*Der er to års reklamationsret, regnet fra fakturadato.
Reklamationsretten dækker materiale- og produktionsfejl.*

Reklamationsretten dækker ikke udstyr, der er blevet mishandlet, dårligt vedligeholdt eller fejlmonteret, ligesom udstyr, der ikke er repareret på vort værksted, ikke dækkes af garantien.

Returnering af defekt udstyr som garantireparation sker for kundens regning og risiko og kan kun foretages efter aftale med Frederiksen. Med mindre andet er aftalt med Frederiksen, skal fragtbeløbet forudbetales. Udstyret skal emballeres forsvarligt.

Enhver skade på udstyret, der skyldes forsendelsen, dækkes ikke af garantien. Frederiksen betaler for returnering af udstyret efter garantireparationer.

© Frederiksen Scientific A/S

Denne brugsvejledning må kopieres til intern brug på den adresse hvortil det tilhørende apparat er købt. Vejledningen kan også hentes på vores hjemmeside