

Labforsøk i rotasjonsmekanikk

IFYKJT1001 - Fysikk/Kjemi

Gunnar Myhre, BIELEKTRO

11. mars 2022

Innhold

1 Hensikt	1
2 Teori	2
2.1 Reint rullande gjenstand på skråplan	2
2.2 Teoretiske verdier	2
2.3 Standardavvik	3
3 Metode	3
3.1 Eksperimentoppsett	3
3.2 Måleinstrument	3
3.3 Valg av gyldig data	4
3.4 Utledning av akselerasjon fra eksperimentell data	4
4 Resultater	5
5 Diskusjon	5
6 Konklusjon	5

1 Hensikt

Hensikten med dette forsøket er å få erfaring med å utføre fysiske eksperimenter. Vi skal få erfaring med teknikker som er sentrale i labforsøk, slik som vurdering av systematiske eller tilfeldige feilkjelder, og utrekning av standardavvik. Vi skal også teste dei teoretiske verdiane fra rotasjonsmekanikken opp mot målte verdier.

2 Teori

2.1 Reint rullande gjenstand på skråplan

Vi har ein gjenstand som ligger i ro på eit skråplan med vinkel β . For $t = 0$ starter kula å akselerere på grunn av gravitasjonskrafta. Vi antar at kula ikkje vil gli men vil rulle reint nedover rampa. Summen av kreftene i akselerasjonsretninga (langs rampa) er då

$$mg\sin\beta - f_s = ma_x \quad (1)$$

friksjonskrafta f_s kan vi beskrive med Newtons andre lov på rotasjonsform

$$\Sigma\tau = I\alpha \rightarrow f_s = \frac{I\alpha}{r} \quad (2)$$

Sidan gjenstanden ikkje glir eller spinner stemmer forholdet $a_x = \alpha r$ og $v_{CM} = \omega r$. Vi kan forenkle

$$mg\sin\beta - f_s = ma_x \rightarrow a_x = \frac{mg\sin\beta}{m + \frac{I}{r^2}} \rightarrow a_x = \frac{mg\sin\beta}{m\left(1 + \frac{I}{mr^2}\right)} \quad (3)$$

Vi har lært at det er eit konstant forhold mellom den kinetiske energien knytta til rotasjon og translasjon

$$c = \frac{K_{rotasjon}}{K_{translasjon}} = \frac{\frac{1}{2}I\omega^2}{\frac{1}{2}Mv_{CM}^2} \quad (4)$$

sidan vi antar at gjenstanden ruller reint kan vi forenkle

$$c = \frac{\frac{1}{2}I\omega^2}{\frac{1}{2}Mv_{CM}^2} \rightarrow c = \frac{Iv^2}{mr^2v^2} = \frac{I}{mr^2} \quad (5)$$

vi kan nå substituere for c og finne formel for akselerasjon

$$a_x = \frac{g\sin\beta}{1 + c} \quad (6)$$

2.2 Teoretiske verdiar

Den hule sylindren har mål

- $r_{ytte} = 25 \cdot 10^{-3}[m]$
- $r_{indre} = 19 \cdot 10^{-3}[m]$

Vi velger $\beta = 10.2^\circ$ og finner verdier for akselerasjon

Gjenstand	treghetsmoment(I)	rotasjonskoeffisient (c)	akselerasjon (a_x)
Massiv kule	$\frac{2}{5}MR^2$	$\frac{2}{5}$	$1,241[m/s^2]$
Hul sylinder	$\frac{1}{2}M(r_i^2 + r_y^2)$	$\frac{1}{2} \left(1 + \left(\frac{R_i}{R_y} \right)^2 \right)$	$0,972[m/s^2]$

2.3 Standardavvik

Standardavvik er eit mål for spredninga av verdiane i eit datasett. For å finne standardavvik finner vi først gjennomsnittet av målingene

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N} = \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{N} \quad (7)$$

deretter finner vi standardavviket fom gjennomsnittet av gjennomsnitta.

$$\delta x = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (8)$$

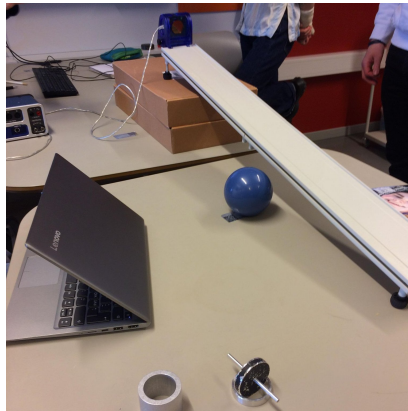
3 Metode

3.1 Eksperimentoppsett

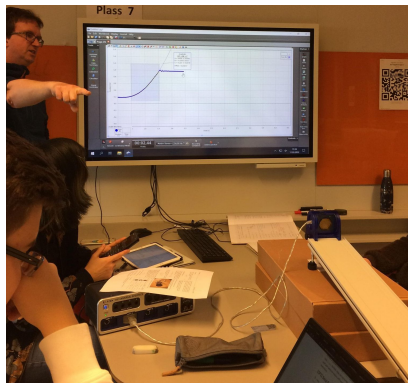
Vi bygger opp ei rampe ($L = 1\text{m}$) og justerer høgda til å bli $17,7\text{cm}$. Dermed er helningsvinkelen $\beta = \arcsin\left(\frac{17,7}{100}\right) = 10.2^\circ$. Gjenstandane slipper vi frå omtrent 15cm under toppunktet på rampa.

3.2 Måleinstrument

Vi bruker ein *PASCO PASPort (PS-2103A)*-bevegelsessensor plassert øverst på rampa for å måle gjenstandens posisjon over tid og dermed akselerasjonen. Sensoren er kopla til ein *PASCO 850 Universal Interface*, og vi logger målingene på pc med *PASCO Capstone*.



Figur 1: Eksperimentoppsett med rampe, bevegelsesmålar og gjenstandar.



Figur 2: Bruk av *PASCO Capstone* til å tolke posisjonsmålingar.

3.3 Valg av gyldig data

Når vi gjør eit sett av posisjonsmålingar hender det vi får støy i form av målingar langt utanfor rampa. Desse ser vi bort ifrå. Vi ser også bort ifrå målingar før gjenstanden starter å rulle, og etter gjenstanden har passert botnen av rampa. Vi velger den gyldige dataen med isoler-funksjonen i *PASCO Capstone*.

3.4 Utledning av akselerasjon frå eksperimentell data

Først finner vi ein passende kvadratisk regresjon til posisjonsmålingene vha. *PASCO Capstone*. Så tidsderiverer vi dette uttrykket to gonger for å finne akselerasjonen (i praksis gonger vi konstanten til andegradsleddet med to).

4 Resultater

Måling nr.:	hul sylinder	massiv kule	einhet
1	0.930	1,280	[m/s ²]
2	0,992	1,246	[m/s ²]
3	0.994	1,328	[m/s ²]
4	1.050	1,274	[m/s ²]
5	0.964	1,258	[m/s ²]
gjennomsnitt \bar{x}	0,996	1,277	[m/s ²]
teoretisk verdi a_t	0,972	1,241	[m/s ²]
standardavvik δx	0,0290	0,0281	[m/s ²]

5 Diskusjon

Sidan vi ikkje har modellert luftmotstand i den teoretiske verdien ville vi forventa at målingene lå under teoretisk verdi. Vi ser av resultatene at det motsette er tilfelle. Dette skyldast nok ein eller fleire systematiske feilkjelder.

- Under valg av gyldig data la eg merke til at det ofte lå datapunkter (feilmålinger) eit lite stykke over den ellers jamne parabelkurva. Sidan desse låg nokså nært kurva vart dei med under utrekninga av regresjonen og bidro til å heve andregradsleddet.
- Vinkelen på rampa kan ha endra seg etter vi målte den. Ein liten endring frå $10.2^\circ \rightarrow 10.5^\circ$ er nok til å heve teoretisk verdi til målt gjennomsnittsverdi. I praksis måtte vinkelen ha stege endå litt meir for å kompensere for luftmotstand.
- Vi kan ikkje utelukke at gjenstandane sklei i løpet av translasjonen.

6 Konklusjon

Resultatene våre er innanfor rimelighetens grenser, og feilkjeldene skyldast at det tross alt var ei kort laboppgåve. Den viktigaste forbetringa ville vere å sette rampa ein meir stabil plass så vi ikkje dytta bort den. Det var interessant å samanlikne dei utrekna verdiane med målingene, og sjå korleis ein kan gjere regresjonar på målingsdatasett. Eg ser for meg at forsøksteknikk vil vere nyttig i meir reelle samanhengar i framtida.