

Flerdimensjonal analyse av høyfartskollisjon mellom svevende diskere.

Karl-Arne S. Opkvitne^a, Nikolai G. Borbe^a

^aInstitutt for fysikk, Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, N-7491 Trondheim, Norway.

Sammendrag

Denne teksten ser på egenskaper under kollisjon mellom to diskere. Diskene ble sendt mot hverandre. Kollisjonen ble observert og posisjonsdata ble hentet ut ved høyhastighetskamera. Dataene viste en kollisjon, og vi observerte friksjon slik at bevegelsesmengde og kinetisk energi ikke var bevart.

1. Introduksjon

Hver dag dør det flere mennesker i bilkollisjoner. Bilkollisjoner fortsetter å være en av de vanligste dødsårsakene til friske mennesker [1]. Dette er et samfunnsrelevant problem og det er viktig med mer forskning. I denne rapporten skal vi se nærmere på endring i energi, bevegelsesmengder, og krefter ifm. kollisjoner mellom to enkle diskere.

2. Teori og metode

Et objekt i bevegelse har både kinetisk energi og bevegelsesmengde. I alle typer kollisjoner er bevegelsesmengden bevart. I elastiske kollisjoner er kinetisk energi også bevart. Bevegelsesmengden er gitt ved

$$p = m \cdot v, \quad (1)$$

der m er massen til objektet, og v er fartsvektoren, mens den kinetiske energien til et objekt er gitt ved

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2, \quad (2)$$

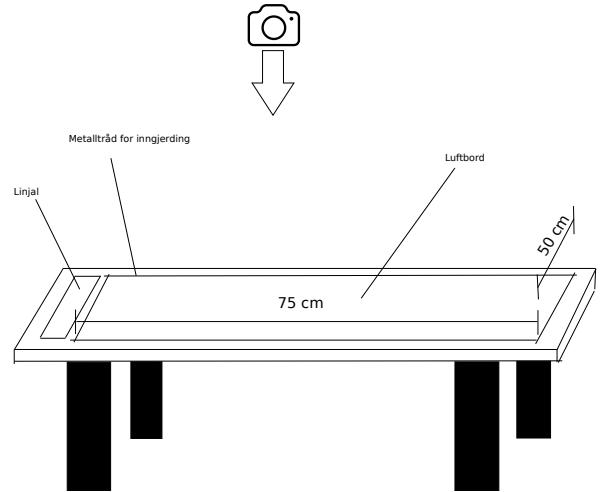
Denne formelen er gyldig ved ikke-relativistiske hastigheter. Siden bevegelsesmengden er en vektorstørrelse er den bevart i både x - og y -retning. Vi anvender dermed bevaringslovene for bevegelsesmengde og kinetisk energi.

$$p_0 = p \iff \sum_1^2 m_i \cdot v_{i0} = \sum_1^2 m_i \cdot v_i \quad (3)$$

$$E_{k0} = E_k \iff \sum_{i=1}^2 \frac{1}{2} m_i \cdot v_{i0}^2 = \sum_1^2 \frac{1}{2} m_i \cdot v_i^2 \quad (4)$$

To diskere ble plassert på et horisontalt bord. Bordet har små hull i overflaten der det pumpes inn luft, slik at kontaktkraften mellom diskene og underlaget blir minst mulig. Dermed kan vi neglisjere friksjon, og regne systemet med de to diskene som isolert. Diskenes masse ble målt til henholdsvis $m_1 = (31.638 \pm 0.001)g$ og $m_2 = (29.797 \pm 0.001)g$.

Disk 1 ble deretter sendt mot disk 2 med en startfart v_0 . Disk 2 ligger tilnærmet i ro. Posisjonene til diskene ble tatt opp av et høyhastighetskamera som filmet 100 bilder per sekund i HD kvalitet. Friksjon og luftmotstand må være neglisjerbar for at bevaringslovene skal gjelde. Diskenes masser ble målt med en nøyaktig vekt til mikrogrammet.



Figur 1: Luftbord diagram.

3. Resultat

Kollisjonen fant sted ved $t = 0.2s$. Det ble gjort 10 målinger per 0.1s. Forsøket ble gjennomført 7 ganger. Dataene ble lagret til en .csv fil og videre ble datane behandlet med numpy og grafet med matplotlib. Et tilfeldig valgt datasett (måling 1.) er vist i figurene under.

Det valgte datasettets kollisjon ble studert over en periode på 0.85s. Vi ser på standardavviket til diskene separat, og vi separerer tidsområdet før og etter, slik at vi får 4 forskjellige standardavvik. Ved utregning av standardavvik før kollisjonen regnet vi fra $t = 0s$ til $t = 0.15s$, som

da er før kollisjonen, og fra $t = 0.2s$ til $t = 0.85s$, som er etter kollisjonen.

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (5)$$

Resultatene fra utregningene er vist i 1.

Tabell 1: Viser standardavvik for henholdsvis disk 1 og disk 2 i tidsperiodene.

Tidsperiode	Disk	Middelverdi (cm/s)	Standardavvik (cm/s)
1	1	59	± 1
1	2	2.4	± 0.3
2	1	22.2	± 0.5
2	2	49	± 1.4

Dersom vi setter dette inn i (3) og (4), får vi følgende:

$$\begin{aligned}
 E_{k0} &= \frac{1}{2} \cdot 31.638 \cdot 10^{-3} kg \cdot (0.59 m/s)^2 \\
 &+ \frac{1}{2} \cdot 29.797 \cdot 10^{-3} kg \cdot (0.024 m/s)^2 = \underline{5.5 mJ} \\
 E_k &= \frac{1}{2} \cdot 31.638 \cdot 10^{-3} kg \cdot (0.222 m/s)^2 \\
 &+ \frac{1}{2} \cdot 29.797 \cdot 10^{-3} kg \cdot (0.49 m/s)^2 = \underline{4.4 mJ}
 \end{aligned}$$

Kalkulasjonene viser en nedgang på omtrent 1.1J, dette kan vi også se fra 6 der vi ser en nedgang i energisummen til systemet (Merk: I tabellen er energisummen gitt ved enheten kgcm/s, og ikke kgm/s som over).

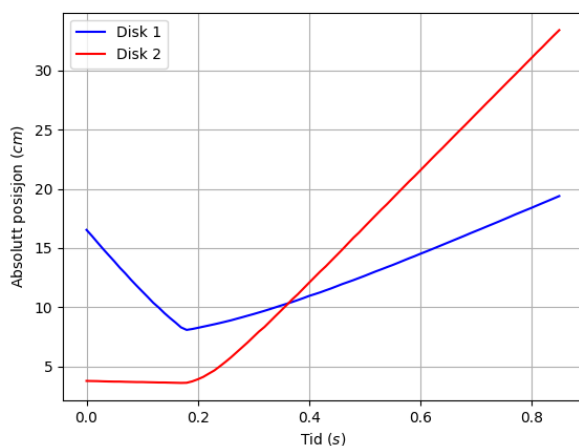


Figure 2: Ved ca. $t = 2s$ kan vi se endring i retning. Merk: Dette er absolutt posisjon.

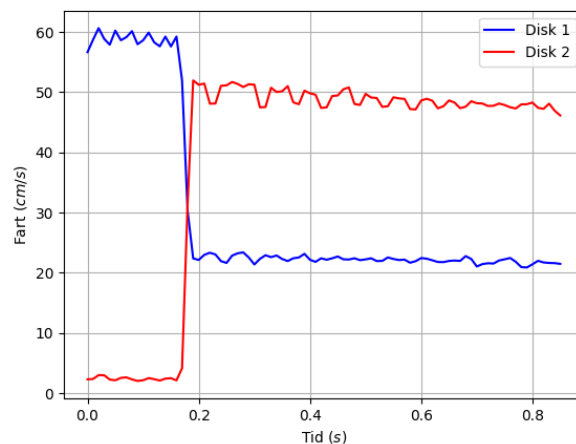


Figure 3: Endring i fart mellom de to diskene ved kollisjonen.

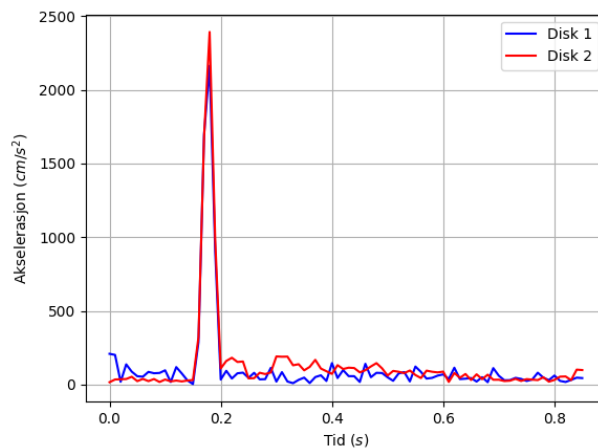


Figure 4: Akselerasjon.

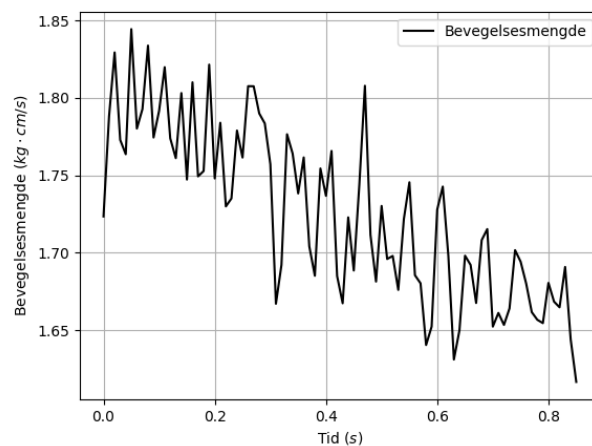
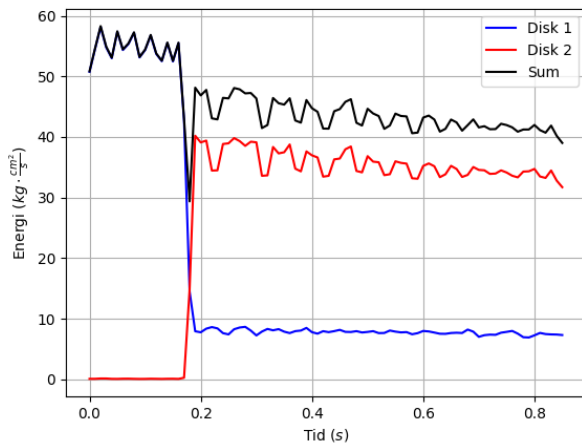
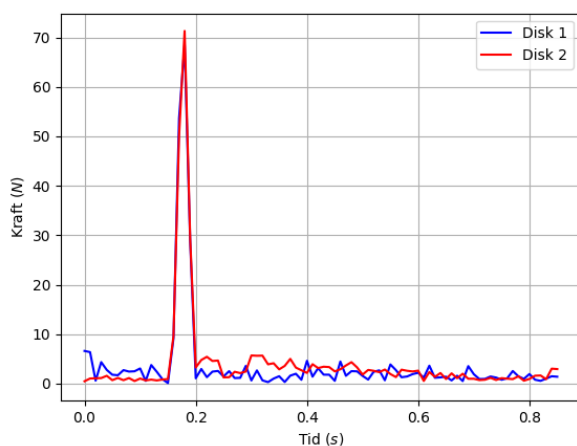


Figure 5: Endring i bevegelsesmengde. Merk: Den avtar pga. friksjon.



Figur 6: Energi er ikke bevart. Ved $t = 2s$ mister systemet energi fra kollisjonen. Systemet mister også litt energi til friksjon.



Figur 7: Kraft. Merk: N3L gjelder.

Tabell 2: Denne tabellen viser de første datapunktene vi har til Disk 1, Måling 1.

t (s)	x (cm)	y (cm)
0.01	19,51	32,22
0.02	19,28	32,24
0.03	19,04	32,28
0.04	18,68	32,28
0.05	18,44	32,28

4. Diskusjon

Resultatene viser at summen av energi og bevegelsesmengde er lite endret i kollisjonen. Altså, systemet beholder mesteparten av energien gjennom kollisjonen. Dette er ikke optimalt for mennesker hvor man helst skulle ønske uelastisk kollisjon. Mange studier viser blant annet dette. Det lønner seg å ha mindre elastiske objekter i en kollisjon med tanke på personer i bilen. I denne studien ble det brukt svært elastiske diskene, hvilket forklarer det relativt lille tapet av energi. En videre undersøkelse av hvordan elastisiteten til diskene påvirker bevaringen av energi og bevegelsesmengde vil være interessant.

5. Konklusjon

Denne rapporten legger frem målinger av kollisjon mellom to diskene. Dataen ble fremstilt og grafet, og vi undersøker bevegelsesmengde, tap av energi, krefter, m.m. Vi fant et lite tap av energi fra kollisjonen, og at akselerasjonen til de to diskene var like under støtet. Dette er nytting å vite for forskjellige objekter med forskjellig elastisitet, og hvordan dette endrer hvor mye energi som er bevart.

Referanser

- [1] USAFacts. *What are the leading causes of death in the US?* <https://usafacts.org/answers/what-are-the-leading-causes-of-death-in-the-us/country/united-states/>. Accessed: 2024-10-03. 2024.