

## Øvelse 2: Stød på luftpudebane

### **3.b fysik A**

Kevin Zhou

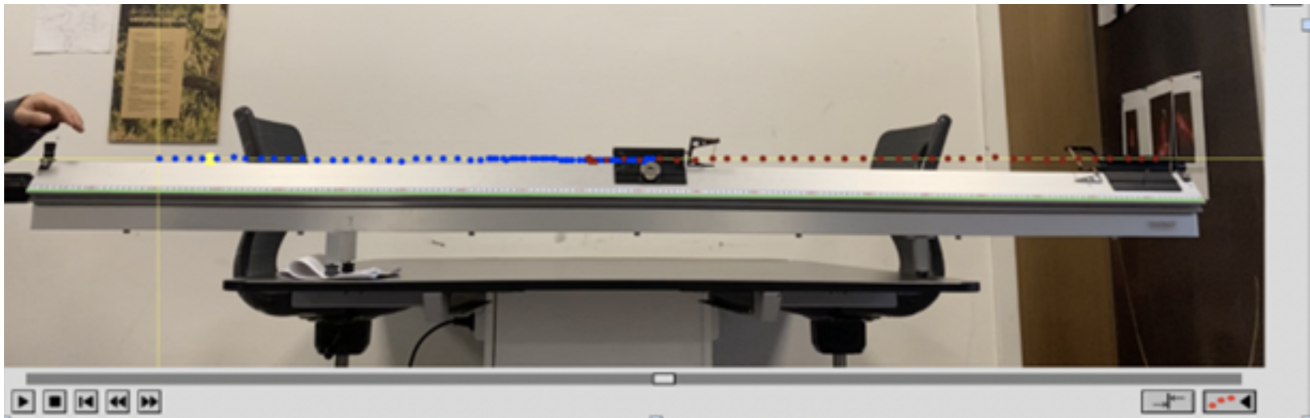
26. december 2024

## Formål

Formålet med øvelsen er at undersøge, om bevægelsesmængden er bevaret ved et elastisk stød og ved et fuldstændig uelastisk stød. Derudover vil vi kigge på, om vores "elastiske" stød egentligt er elastisk - altså om den kinetiske energi er bevaret.

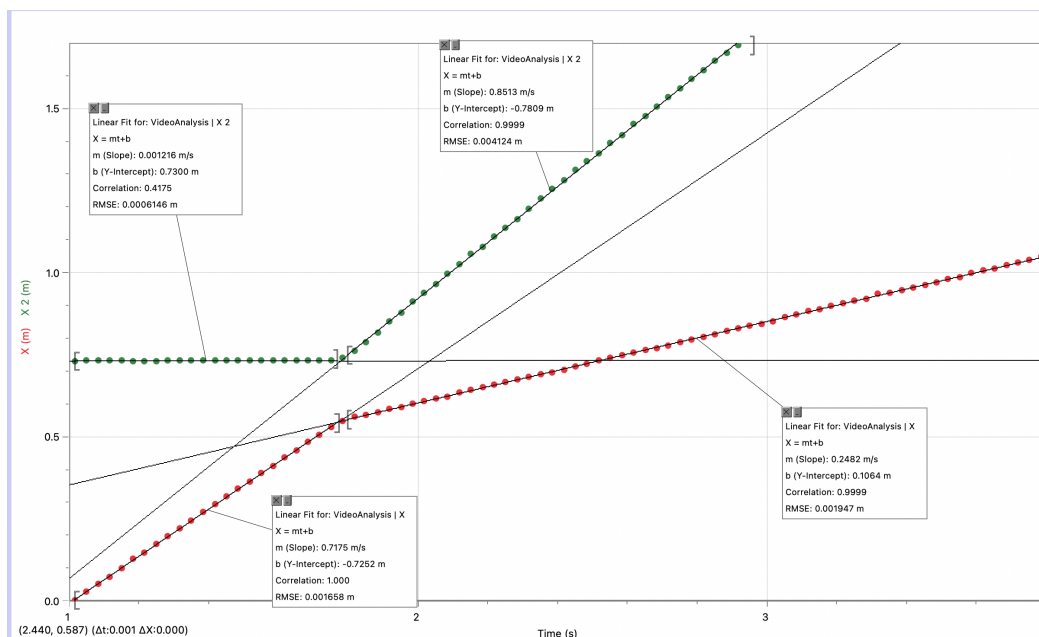
## Resultater og databehandling

Videoen sættes ind i Logger Pro, og en video-analyse laves, hvilket ses i fig. 1.



Figur 1: Video-analyse lavet i Logger Pro

Da vognene kører langsomt nok til, at vi kan se bort fra luftmodstand, og der næsten ingen friktion er, så må de før og efter sammenstødet køre med konstant fart. Vi kigger da på  $(t, x)$ -graferne for de to vogne, som ses i fig. 2. Hældningen på graferne før og efter stødet må da være vognenes fart hhv. før og efter stødet, og bestemmes via lineær regression.



Figur 2: Lineær regressioner på  $(t, x)$ -graferne for de to vogne hhv. før og efter stødet

Tilsvarende gøres i alle andre forsøg for at finde farten på vogn 1, som betegnes  $v_1$  før og efter stødet samt farten på vogn 2, som betegnes  $v_2$  før og efter stødet.

Forsøgene inddeles i 3 runder. Den første runde er "elastisk"stød, hvor vognene kører mod hinanden. Anden runde er "elastisk"støde, hvor vogn 1 kører ind i vogn 2, der holder stille. Tredje runde er fuldstændig uelastisk stød, hvor vogn 1 kører ind i vogn 2, der holder stille, og vognene følges ad efter stødet. Resultaterne og efterbehandlingen for de tre runder ses i fig. 3, fig. 4 og fig. 5.

1. runde elastisk stød		Før		Efter	Før	Efter	Før	Efter	Før	Efter
Vognene kører mod hinanden		m [kg]	$v_1$ [m/s]	$v_2$ [m/s]	$p_{før}$ [kg m/s]	$p_{efter}$ [kg m/s]	$\Delta p$ [kg m/s]	$E_{kin,før}$ [J]	$E_{kin,efter}$ [J]	$\Delta E_{kin}$ [J]
Forsøg 1					$v \cdot m$		$p_{efter-p_{før}}$	$0,5 \cdot mv^2$		
	Vogn 1	0.19070	0,4136	0,4001	0.07887	0.07630	-0.00257	0.01631	0.01526	-0.00105
	Vogn 2	0.19070	0,4341	0,3992	0.08278	0.07613	-0.00666	0.01797	0.01520	-0.00277
	sum				0.16166	0.15243	-0.00923	0.03428	0.03046	-0.00382
Relativ tab: (efter-før)/før					-6%			-11%		
Forsøg 2										
	Vogn 1	0.19070	0.23750	-0.30880	0.04529	-0.05889	-0.10418	0.00538	0.00909	0.00371
	Vogn 2	0.29070	-0.20540	0.12630	-0.05971	0.03672	0.09643	0.00613	0.00232	-0.00381
	sum				-0.01442	-0.02217	-0.00775	0.01151	0.01141	-0.00010
Relativ tab: (efter-før)/før					54%			-1%		
Forsøg 3										
	Vogn 1	0.19070	0.14100	0.21700	0.02689	0.04138	0.01449	0.00190	0.00449	0.00259
	Vogn 2	0.39110	0.13700	0.03100	0.05358	0.01212	-0.04146	0.00367	0.00019	-0.00348
	sum				0.08047	0.05351		0.00557	0.00468	
Relativ tab: (efter-før)/før					-34%			-16%		

Figur 3: Efterbehandling af resultater fra 1. runde i Excel

2. runde elastisk stød		Før		Efter	Før	Efter	Før	Efter	Før	Efter
Vognene kører mod hinanden		m [kg]	$v_1$ [m/s]	$v_2$ [m/s]	$p_{før}$ [kg m/s]	$p_{efter}$ [kg m/s]	$\Delta p$ [kg m/s]	$E_{kin,før}$ [J]	$E_{kin,efter}$ [J]	$\Delta E_{kin}$ [J]
Forsøg 1					$v \cdot m$		$p_{efter-p_{før}}$	$0,5 \cdot mv^2$		
	Vogn 1	0.19070	0.66890	0.04370	0.12756	0.00833	-0.11923	0.04266	0.00018	-0.04248
	Vogn 2	0.19070	0.02000	0.61550	0.00381	0.11738	0.11356	0.00004	0.03612	0.03608
	sum				0.13137	0.12571		0.04270	0.03630	
Relativ tab: (efter-før)/før					-4%			-15%		
Forsøg 2										
	Vogn 1	0.19100	0.39580	0.06500	0.07560	0.01242	-0.06318	0.01496	0.00040	-0.01456
	Vogn 2	0.29100	0.00000	0.33470	0.00000	0.09740	0.09740	0.00000	0.01630	0.01630
	sum				0.07560	0.10981		0.01496	0.01670	
Relativ tab: (efter-før)/før					45%			12%		
Forsøg 3										
	Vogn 1	0.19100	0.28910	0.09190	0.05522	0.01755	-0.03767	0.00798	0.00081	-0.00718
	Vogn 2	0.39100	0.00000	0.20310	0.00000	0.07941	0.07941	0.00000	0.00806	0.00806
	sum				0.05522	0.09697		0.00798	0.00887	
Relativ tab: (efter-før)/før					76%			11%		
Forsøg 4										
	Vogn 1	0.29100	0.71480	0.24820	0.20801	0.07223	-0.13578	0.07434	0.00896	-0.06538
	Vogn 2	0.19100	0.00000	0.85110	0.00000	0.16256	0.16256	0.00000	0.06918	0.06918
	sum				0.20801	0.23479		0.07434	0.07814	
Relativ tab: (efter-før)/før					13%			5%		
Forsøg 5										
	Vogn 1	0.39100	0.71750	0.24820	0.28054	0.09705	-0.18350	0.10064	0.01204	-0.08860
	Vogn 2	0.19100	0.00129	0.85010	0.00025	0.16237	0.16212	0.00000	0.06901	0.06901
	sum				0.28079	0.25942		0.10064	0.08106	
Relativ tab: (efter-før)/før					-8%			-19%		

Figur 4: Efterbehandling af resultater fra 2. runde i Excel

3. runde fuldstændig uelastisk stød									
Stød mod hvilende vogn, 2.vogn holder stille									
	m [kg]	Før $v_1$ [m/s]	Efter $v_2$ [m/s]	Før $p_{f\ddot{o}r}$ [kg m/s]	Efter $p_{e\ddot{f}ter}$ [kg m/s]	$\Delta p$ [kg m/s]	Før $E_{kin,f\ddot{o}r}$ [J]	Efter $E_{kin,e\ddot{f}ter}$ [J]	$\Delta E_{kin}$ [J]
<b>Forsøg 1</b>									
	Vogn 1 0,1907	1.25100	0.48380	0.23857	0.09226	-0.14631	0.14922	0.02232	-0.12690
	Vogn 2 0,1907	0.00000	0.47480	0.00000	0.09054	0.09054	0.00000	0.02150	0.02150
	sum			0.23857	0.18281	-0.05576	0.14922	0.04381	-0.10541
Relativ tab: (efter-før)/før				-23%			-71%		
<b>Forsøg 2</b>									
	Vogn 1 0,29040	0.98100	0.44680	0.28488	0.12975	-0.15513	0.13973	0.02899	-0.11075
	Vogn 2 0,19020	0.00000	0.44680	0.00000	0.08498	0.08498	0.00000	0.01898	0.01898
	sum			0.28488	0.21473	-0.07015	0.13973	0.04797	-0.09176
Relativ tab: (efter-før)/før				-25%			-66%		
<b>Forsøg 3</b>									
	Vogn 1 0,39040	1.00000	0.58890	0.39040	0.22991	-0.16049	0.19520	0.06770	-0.12750
	Vogn 2 0,19020	0.00000	0.58890	0.00000	0.11201	0.11201	0.00000	0.03298	0.03298
	sum			0.39040	0.34192	-0.04848	0.19520	0.10068	-0.09452
Relativ tab: (efter-før)/før				-12%			-48%		
<b>Forsøg 4</b>									
	Vogn 1 0,19080	0.46500	0.14440	0.08872	0.02755	-0.06117	0.02063	0.00199	-0.01864
	Vogn 2 0,29080	0.00000	0.14440	0.00000	0.04199	0.04199	0.00000	0.00303	0.00303
	sum			0.08872	0.06954	-0.01918	0.02063	0.00502	-0.01561
Relativ tab: (efter-før)/før				-22%			-76%		
<b>Forsøg 5</b>									
	Vogn 1 0,19080	0.52360	0.10390	0.09990	0.01982	-0.08008	0.02615	0.00103	-0.02512
	Vogn 2 0,39080	0.00000	0.10390	0.00000	0.04060	0.04060	0.00000	0.00211	0.00211
	sum			0.09990	0.06043	-0.03947	0.02615	0.00314	-0.02302
Relativ tab: (efter-før)/før				-40%			-88%		

Figur 5: Efterbehandling af resultater fra 3. runde i Excel

I tabellerne er det relative tab af bevægelsesmængde og kinetisk energi markeret med orange. Bemærk, at det "relative tab" regnes som den relative tilvækst, altså vil eksempelvis et tab på den samlede bevægelsesmængde være angivet som negativ. Vi ser først på, hvorvidt vognenes samlede bevægelsesmængde er bevaret. Hvis bevægelsesmængden er fuldstændigt bevaret, så vil det relative tab være på 0%. Det er dog klart ikke tilfældet ved alle forsøg, da nogle forsøg endda får en relativt stor *tilvækst* i den samlede bevægelsesmængde, selvom den teoretisk burde være bevaret, da vognene kolliderer uden påvirkning af kræfter udefra. En mulig grund til en *tilvækst* i bevægelsesmængde (altså positivt "relativ tab" her) beskrives under fejlkilder.

Når vi kigger på det gennemsnitlige relative tab af den samlede bevægelsesmængde i fig. 6, ser det dog noget bedre ud.

Gennemsnitlig relativ tab	
Bevægelsesmængden v. ALLE forsøg	2%
Bevægelsesmængden v. elastisk stød	17%
Bevægelsesmængden v. f. uelastisk stød	-24%

Figur 6: Gennemsnitlige relative tab af bevægelsesmængde regnet med Excel

Når vi kigger på vognenes samlede kinetiske energi, er den tilnærmelsesvist bevaret ved elastisk stød, hvor den ikke er det ved fuldstændig uelastisk stød. De gennemsnitlige relative tab ses i fig. 7. Per definition er et elastisk stød et stød, hvor de kolliderende partiklers energi efter stødet er lige så stor som før stødet. Det kan ikke lade sig gøre i virkeligheden, og vores "elastiske" stød kan da formelt set ikke kaldes sådan. Dog er vores elastiske stød-forsøg meget tæt på at være elastiske.

Gennemsnitlig relativ tab		
Kinetisk energi v. elastisk stød		
-2%		
Kinetisk energi v. fuldstændig uelastisk stød		
-70%		

Figur 7: Gennemsnitlige relative tab af kinetisk energi

## Fejkilder

Hvis banen ikke er helt i vater, vil den stilleholdende vogn ikke holde helt stille, hvilket vil gøre det "relative tab" større, da farten alligevel angives som 0. Altså vil tilvæksten i bevægelsesmængde  $\Delta p$  være større end den egentlig er. Derudover ville eventuelle parallakse-problemer ved filmningen vil have indflydelse på de yderste målinger (tæt på siderne af videoen).

## Konklusion

Ved støddene er bevægelsesmængden nogenlunde bevaret, og den kinetiske energi er tilnærmelsesvist bevaret ved vores "elastiske" stød, hvor den ikke er bevaret ved de fuldstændig uelastiske stød.