

## Kegelproefje

Een proefje met het laten rollen van een dubbele kegel (met bodemstraal  $R$ ) over een iets schuinstaande rails, leek me wel aardig om te doen.

Twee uur verder met meten en doen:

Kom ik op een theoretische en een gemeten waarde van de versnelling van het kegeltje als functie van de straal waarover hij rolt.

De versnelling is in het echt iets kleiner dan volgens de theorie. De onzekerheid is zo groot, dat je niet goed kunt zien of de gemeten waarden wel netjes de theorie volgen, al lijkt het wel het geval...

De baan waarover ik nu gemeten heb, is 0,66m lang. Door deze nog iets te verlengen kom je wat nauwkeuriger uit.

Ik ben voor de theorie uitgegaan van een wrijvingsloze situatie, wat natuurlijk vreemd is, als de kegel moet rollen.

Voor de kegel geldt:

$$I = \frac{1}{5} mR^2$$

Met  $I$  het traagheidsmoment,  $M$  de massa van de kegel en  $R$  de straal van de bodem van de kegel.

Zonder wrijving geldt de wet van behoud van mechanische energie:

$$mgh = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} I\omega^2$$

Invullen van het traagheidsmoment en wat rommelen, levert een formule voor  $v$  als functie van de straal  $r$  waarover de kegel rolt.

$$v^2 = \frac{2gh}{1 + \frac{R^2}{5r^2}}$$

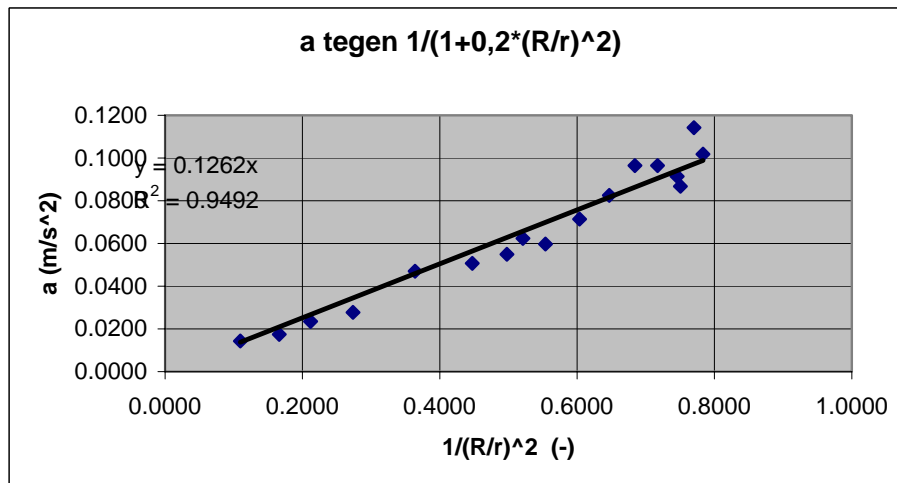
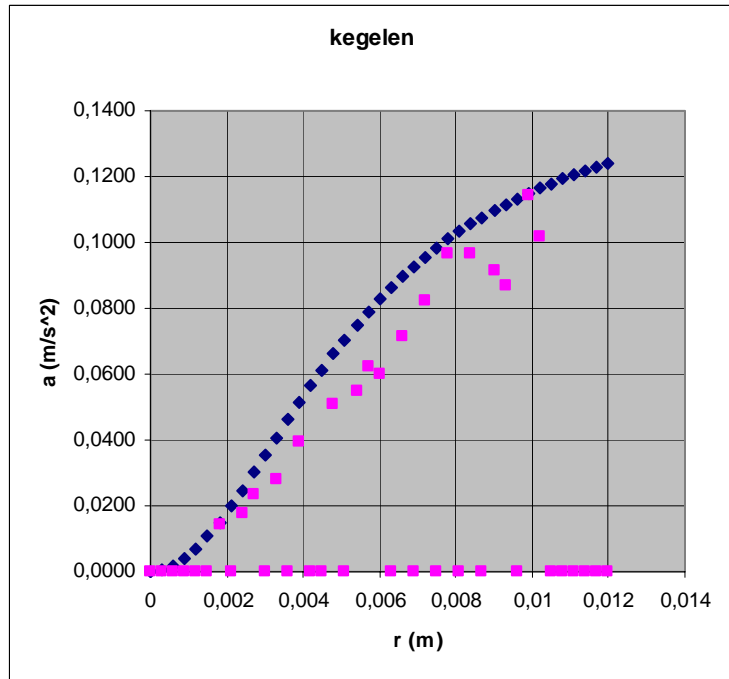
Uitgaande van een eenparig versnelde beweging kom ik dan op:

$$a = \left( \frac{1}{1 + \frac{R^2}{5r^2}} \right) g \frac{h}{s} \quad \text{met } s \text{ de weg die de kegel aflegt, } h \text{ het hoogteverschil tussen start en einde van}$$

de gemeten beweging. Dat zijn de blauwe punten.

De paarse punten geven de gemeten (en met gemeten getallen berekende) waarden aan.

Een verwerking naar een rechte lijn volgens de theorie geeft het volgende plaatje:



Hieruit blijkt dat  $a = 0,126x$

Dus  $g \cdot h/s$  is 0,126

Met de gemeten waarden voor  $h$  van 0,01 m en  $s$  van 0,66 m komt ik dan voor  $g$  op ongeveer 8,4

Erg ruw maar voor een verkenning wel acceptabel.

(rollende voorwerp niet exact een kegel, waardoor  $l$  ietsje anders is en dat heeft zijn weerslag op de te berekenen waarde van  $g$ .

Van de leerlingen verwachten we:

- Dat ze de staven evenwijdig leggen.
- Dat ze voldoende punten nemen en voldoende verspreid, om de relatie goed zichtbaar te maken.
- Dat ze de baan niet te schuin leggen, zodat ze de tijd goed kunnen meten.
- Dat ze elke breedte tenminste vijf keer herhalen om een redelijk gemiddelde te vinden en zicht te krijgen op de spreiding.
- Dat ze afwijkende metingen (door schommelen kegel) verwerpen.
- Dat ze  $a$  tegen  $1/(1+0,2 \cdot (R/r)^2)$  uitzetten om de relatie aan te kunnen tonen
- 
- Dat er van de metingen een ruwe meetonzekerheid bepaald wordt.
- At met bijvoorbeeld de twee uiterste lijnen een maat bepaald wordt voor de onzekerheid in  $g$ .

## De afstandwet voor de lichtintensiteit van een LED

### Opdracht 1 & 2

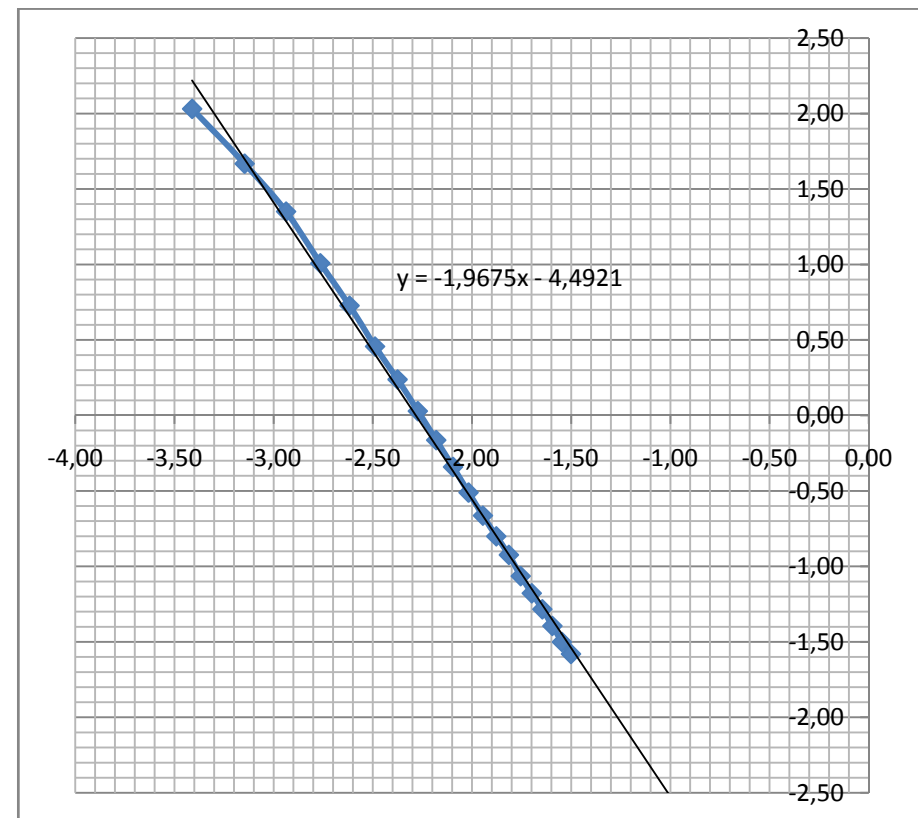
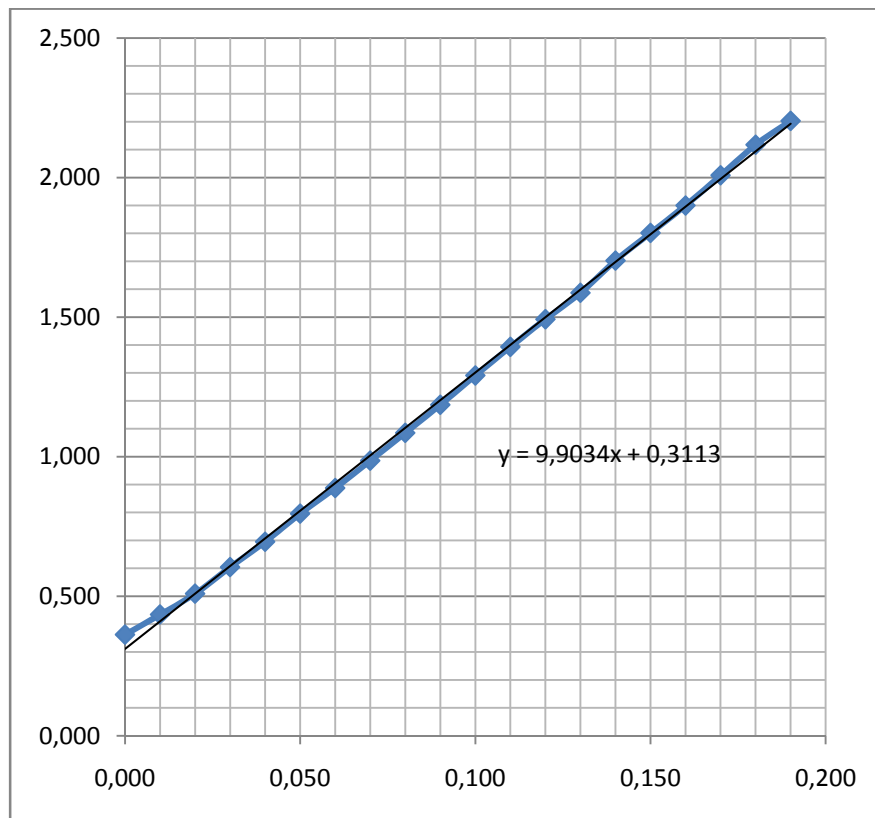
positie	afstand		U(x)	led uit	U(x) corr	$[U(x)]^{1/2}$	$1/[U(x)]^{1/2}$				
	x	x						x + d	x + d	ln(U(x))	ln(x+d)
(cm)	(cm)	(m)	(Volt)	(Volt)	(Volt)			(cm)	(m)		
5,0	0,0	0,000	7,62	0,001	7,619	2,760	0,362	3,3	0,033	2,03	-3,41
6,0	1,0	0,010	5,30	0,001	5,299	2,302	0,434	4,3	0,043	1,67	-3,15
7,0	2,0	0,020	3,86	0,001	3,859	1,964	0,509	5,3	0,053	1,35	-2,94
8,0	3,0	0,030	2,74	0,001	2,739	1,655	0,604	6,3	0,063	1,01	-2,76
9,0	4,0	0,040	2,07	0,001	2,069	1,438	0,695	7,3	0,073	0,73	-2,62
10,0	5,0	0,050	1,58	0,001	1,579	1,257	0,796	8,3	0,083	0,46	-2,49
11,0	6,0	0,060	1,27	0,001	1,269	1,126	0,888	9,3	0,093	0,24	-2,38
12,0	7,0	0,070	1,03	0,001	1,029	1,014	0,986	10,3	0,103	0,03	-2,27
13,0	8,0	0,080	0,850	0,001	0,849	0,921	1,085	11,3	0,113	-0,16	-2,18
14,0	9,0	0,090	0,713	0,002	0,711	0,843	1,186	12,3	0,123	-0,34	-2,10
15,0	10,0	0,100	0,602	0,002	0,600	0,775	1,291	13,3	0,133	-0,51	-2,02
16,0	11,0	0,110	0,517	0,002	0,515	0,718	1,393	14,3	0,143	-0,66	-1,94
17,0	12,0	0,120	0,451	0,002	0,449	0,670	1,492	15,3	0,153	-0,80	-1,88
18,0	13,0	0,130	0,399	0,002	0,397	0,630	1,587	16,3	0,163	-0,92	-1,81
19,0	14,0	0,140	0,348	0,003	0,345	0,587	1,703	17,3	0,173	-1,06	-1,75
20,0	15,0	0,150	0,311	0,003	0,308	0,555	1,802	18,3	0,183	-1,18	-1,70
21,0	16,0	0,160	0,280	0,003	0,277	0,526	1,900	19,3	0,193	-1,28	-1,65
22,0	17,0	0,170	0,251	0,003	0,248	0,498	2,008	20,3	0,203	-1,39	-1,59
23,0	18,0	0,180	0,226	0,003	0,223	0,472	2,118	21,3	0,213	-1,50	-1,55
24,0	19,0	0,190	0,209	0,003	0,206	0,454	2,203	22,3	0,223	-1,58	-1,50

Als het omgekeerde van de wortel van de gemeten spanning wordt uitgezet tegen de afstand  $x$  ontstaat de linker onderstaande grafiek. Uit vergelijking (3) volgt dat de gevraagde waarde van  $d$  gelijk is aan de afsnede gedeeld door de richtingscoëfficiënt. Dit levert de waarde  $d = 0,033$  m. Deze waarde is gebruikt voor de laatste 4 kolommen van de tabel.

Wordt van vergelijking (2) aan beide kanten de logaritme genomen, dan volgt:

$$\ln U(x) = \ln \frac{U_0}{(x + d)^2} = -2 \ln(x + d) + \ln(U_0) \quad (2)$$

Op dubbel-logaritmisch papier zal dit een richtingscoëfficiënt van -2 moeten opleveren. De laatste twee kolommen zijn in de rechter onderstaande grafiek tgenes elkaar uitgezet. Uit de metingen blijkt dat de richtingscoëfficiënt -1,97 is. Dit komt dus uitstekend overeen.



### Opdracht 3

Voor  $x = 4,0$  cm is de diameter van de lichtvlek opgemeten (2,6 cm). Vervolgens is de PD de eerder gemeten afstand  $d = 3,3$  cm naar de LED verplaatst. Op die positie is een spanning van 6,68 V gemeten. Uit die gemeten waarde voor de spanning en de gegeven weerstandswaarde (1 M $\Omega$ ) is de stroom door de FD te berekenen (I). Dit levert het aantal elektronen op door de PD (n). Met de aanname dat elk foton een elektron vrijmaakt voor geleiding is het aantal fotonen dat op de PD valt nu ook bekend (n). Het oppervlak van de lichtvlek en de PD zijn te bepalen, het aantal uitgezonden fotonen per seconde door de LED is nu dus te bepalen (N). Met betrekking (4) is de energie per foton te berekenen (E) en daarmee dus ook de totale uitgezonden energie per seconde (E<sub>tot</sub>). Met het gegeven elektrische vermogen van de LED (P) van 47 mW is het rendement eenvoudig te bepalen.

#### BEPALING RENDEMENT LED

grootheid	waarde	eenheid	opmerking	constantes	waarde
P	4,70E-02	Watt	Gegeven elektrisch vermogen LED	h	6,63E-34
U(x)	6,68E+00	V	Gemeten	c	3,00E+08
R	1,00E+06	$\Omega$	Gegeven waarde van R	labda	6,35E-07
I	6,68E-06	A	stroom door PD, wet van Ohm	e	1,60E-19
n	4,18E+13		aantal elektronen per seconde PD		
d	2,60E+00	cm	gemeten diameter lichtvlek		
r	1,30E+00	cm	straal lichtvlek		
A	5,31E+00	cm <sup>2</sup>	oppervlakte lichtvlek		
	2,75E-01	cm	lengte of breedte PD		
APD	7,56E-02	cm <sup>2</sup>	oppervlakte PD		
N	2,93E+15		aantal fotonen per seconde		
E	3,13E-19	J	energie per foton		
E <sub>tot</sub>	9,18E-04	J/s	totale uitgezonden energie per seconde		
$\eta$	1,95E-02				
$\eta$ (%)	1,95E+00				