

Onderzoek naar de factoren die de kinetische energie van een bewegend voorwerp beïnvloeden

1. Doel van het practicum

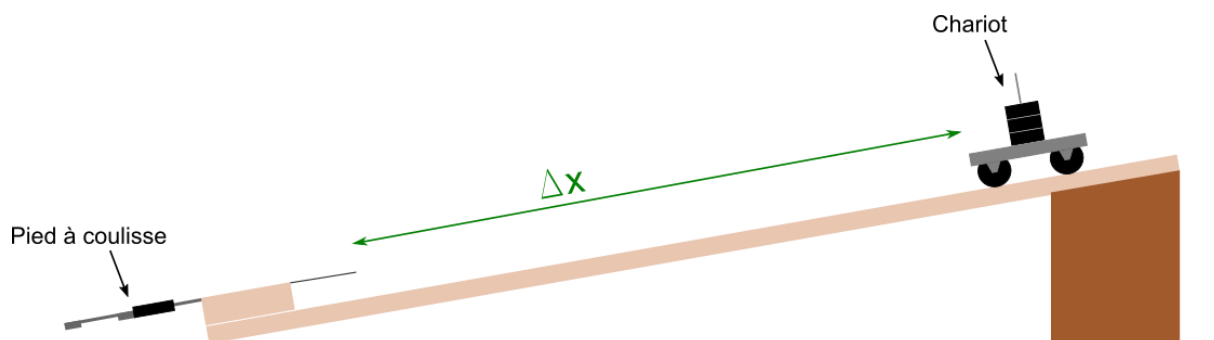
Het doel van dit practicum is om de factoren te onderzoeken die de kinetische energie van een bewegend voorwerp beïnvloeden om een benaderende uitdrukking voor de formule te induceren die het mogelijk maakt om ze te berekenen.

Om dit te doen, bestuderen we de effecten van de beweging van een wagentje dat losgelaten wordt met beginsnelheid nul aan de bovenkant van een hellend vlak, bij het raken van de staaf van een schuifpasser die aan de onderkant van het vlak is geplaatst.

2. Materiaal

- Houten plank van 1,4 m lang
- Wagentje van 50 g
- Digitale schuifpasser (0,01 mm)
- Stopwatch (0,01 s)
- massa's van 50 g en 10 g
- gegradueerde liniaal van 1 m (1 mm)

3. Proefopstelling



4. Werkwijze:

De kinetische energie van het wagentje aan de onderkant van het hellend vlak wordt indirect gemeten door meting van de vervorming van de schuifpasser na de impact van het karretje erop. In feite maakt de kinetische energie van het wagentje, verkregen langs het hellend vlak, het mogelijk om arbeid te leveren door de schuifpasser te vervormen.

$$\Delta E_{kin} = W = F \cdot d$$

waarin d voor de vervorming van de schuifpasser staat.

Uitgaande van een constante kracht F , wat wel degelijk geverifieerd werd door onze experimentele resultaten, neemt de vervorming d van de schuifpasser evenredig toe met de kinetische energie van het wagentje. We kunnen dus de factoren die de kinetische energie van het karretje beïnvloeden bepalen door te zoeken naar de factoren die de vervorming van de schuifpasser beïnvloeden. Het is vrij logisch te denken dat de twee factoren die de vervorming van de schuifpasser kunnen beïnvloeden de snelheid en de massa van het wagentje zijn. Om deze hypothese te verifiëren, is het noodzakelijk om slechts één parameter tegelijk te veranderen (belangrijke stap in het experimentele proces).

A. Verandering van de snelheid van het wagentje

We houden de massa van het wagentje constant (voorbeeld 50 g) en we laten het wagentje op steeds grotere afstand van de schuifpasser los. Om de ogenblikkelijke snelheid van het wagentje op het moment van de botsing te berekenen, worden de door het wagentje afgelegde afstand (Δx) en de tijd (Δt) die nodig is om deze afstand af te leggen gemeten. De ogenblikkelijke snelheid aan het einde van de afstand wordt dan berekend met de volgende formule:

$$v = \frac{2\Delta x}{\Delta t}$$

Het wagentje begint inderdaad met een snelheid nul en als we aannemen dat de toename van de snelheid constant is, is de eindsnelheid gelijk aan het dubbele van de gemiddelde snelheid die gelijk is aan

$$\frac{\Delta x}{\Delta t}$$

We vergroten de afstand Δx van 10 cm tot 100 cm in stappen van 10 cm en meten de overeenkomstige tijden Δt en vervormingen d van de schuifpasser. Om de nauwkeurigheid van de metingen te verbeteren, herhalen we elke meting 5 keer en berekenen de bijhorende gemiddelden. Daarna brengen we onze resultaten in een tabel en maken we een grafiek van de gemiddelde vervorming van de schuifpasser als functie van de snelheid en als functie van het kwadraat van de snelheid van het wagentje.

B. Verandering van de massa van het wagentje

Het lijkt moeilijker om de massa van het wagentje te veranderen zonder de snelheid ervan te veranderen. Sterker nog, studenten geloven intuïtief dat als de massa van het wagentje groter is, het sneller naar beneden zal gaan. Het is heel interessant om experimenteel te verifiëren dat dit niet het geval is en dat de snelheid van het wagentje alleen afhangt van Δx en niet van zijn massa. Het is dus voldoende om een constante Δx (voorbeeld 100 cm) aan te houden om een constante eindsnelheid te behouden en de massa van het wagentje per 10 g te verhogen van 50 g tot 150 g. We meten de bijhorende duur Δt en de vervorming d van de schuifpasser. Zo kunnen we verifiëren dat de duur en dus de snelheid niet afhangt van de massa van het wagentje. We brengen onze resultaten in een tabel en we maken een grafiek van de vervorming van de schuifpasser als functie van de massa van het wagentje.

5. Experimentele resultaten

A. Verandering van de snelheid van het wagentje

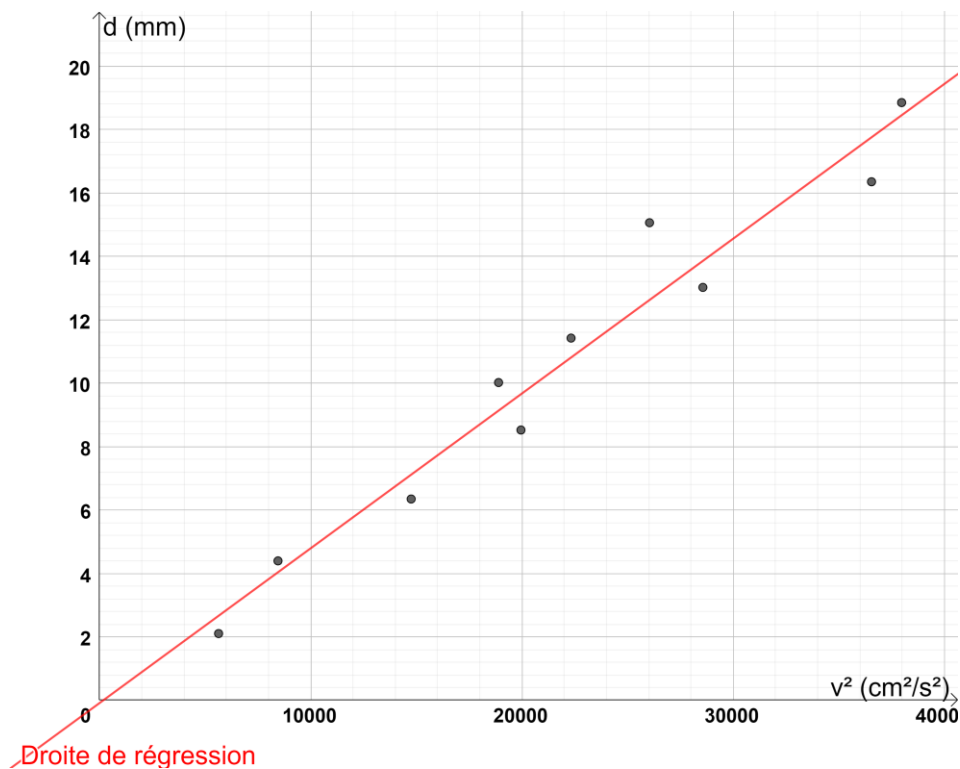
We nemen een constante massa van 100 g en een constante helling van 10° .

Δx (cm)	Δt_1 (s)	Δt_2 (s)	Δt_3 (s)	Δt_4 (s)	Δt_5 (s)	Δt_{gem} (s)	Standaardafwijking (s)
10	0,48	0,30	0,27	0,21	0,25	0,302	0,09368031
20	0,26	0,32	0,66	0,31	0,48	0,406	0,12942109
30	0,47	0,52	0,36	0,73	0,37	0,490	0,14119233
40	0,84	0,54	0,55	0,58	0,55	0,612	0,13508650
50	0,67	0,66	0,93	0,67	0,66	0,718	0,11903705
60	0,70	0,74	0,77	0,86	0,86	0,786	0,09089054
70	0,91	0,79	0,75	0,99	0,77	0,842	0,08146834
80	0,73	0,96	1,11	0,87	1,07	0,948	0,12485191
90	0,98	1,02	0,95	0,90	0,89	0,948	0,09851627
100	1,00	0,96	0,91	1,02	1,22	1,022	0,08758788

Δx (cm)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d_3 (mm)	d_4 (mm)	d_5 (mm)	d_{gem} (mm)	Standaardafwijking (mm)
10	2,08	2,04	2,10	2,11	2,19	2,104	0,05504544
20	4,66	4,44	4,27	4,16	4,45	4,396	0,19112823
30	6,56	6,46	6,03	6,19	6,50	6,348	0,22731036
40	8,31	8,39	8,54	8,74	8,64	8,524	0,17615334
50	10,15	10,29	10,32	9,43	9,92	10,022	0,36670151
60	11,63	11,08	11,69	11,38	11,34	11,424	0,24521419
70	12,95	13,31	12,42	13,46	12,98	13,024	0,40128543
80	14,82	15,84	15,30	14,67	14,69	15,064	0,50312026
90	17,10	16,14	16,20	15,66	16,68	16,356	0,55089019
100	18,21	18,69	19,00	18,82	19,55	18,854	0,48695996

Δx (cm)	v (cm/s)	v^2 (cm ² /s ²)	d_{gem} (mm)
10	75,07507508	5636,2669	2,104
20	91,91176471	8447,77249	4,396
30	121,4574899	14751,9218	6,348
40	141,2429379	19949,5675	8,524
50	137,4381528	18889,2459	10,022
60	149,4023904	22.321,0743	11,424
70	169,0004829	28561,1632	13,024
80	161,3553852	26035,5603	15,064
90	191,1639762	36543,6658	16,356
100	194,8558067	37968,7854	18,854

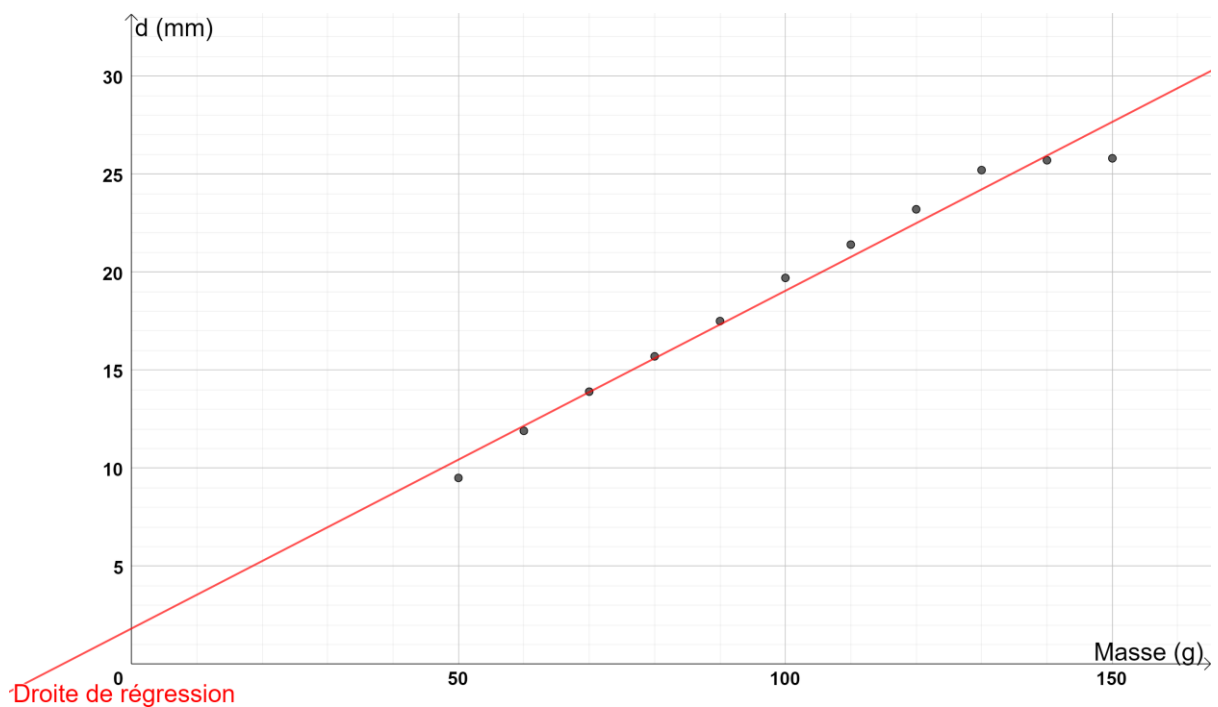
Gemiddelde vervorming als functie van het kwadraat van de snelheid



B. Verandering van de massa van het wagentje en constante snelheid

Massa (g)	Δt_{gem} (s)	d_{gem} (mm)
50	1,39	9,50
60	1,32	11,9
70	1,32	13,9
80	1,32	15,7
90	1,32	17,5
100	1,43	19,7
110	1,24	21,4
120	1,32	23,2
130	1,44	25,2
140	1,33	25,7
150	1,32	25,8

Gemiddelde vervorming als functie van de massa van het wagentje



6. Theoretische analyse

De grafiek van de vervorming van de schuifpasser als functie van het kwadraat van de snelheid van het wagentje is een rechte lijn. Dit toont aan dat de geleverde arbeid en dus de kinetische energie van het wagentje evenredig toeneemt met het kwadraat van de snelheid van het wagentje.

De grafiek van de vervorming van de schuifpasser als functie van de massa van het wagentje is een rechte lijn. Dit toont aan dat de arbeid en dus de kinetische energie van het wagentje evenredig toeneemt met de massa van het wagentje.

We kunnen er dus uit afleiden dat de formule voor de kinetische energie van de vorm

$$E_k = k \cdot m \cdot v^2$$

is, waarin k een constante is.

Het is helaas onmogelijk om in het kader van dit practicum aan te tonen dat deze constante gelijk is aan $\frac{1}{2}$.

7. Besluit

Ondanks de experimentele onzekerheden die beperkt blijven als we het experiment herhalen, kunnen we op deze manier de twee factoren bepalen die de kinetische energie van een bewegend voorwerp beïnvloeden en de formule voor de kinetische energie opstellen zonder de factor $\frac{1}{2}$.

We doen dit practicum al een goede tien jaar met onze 4e jaars en de resultaten zijn zeer bevredigend, ook al is de theoretische analyse nog vrij ingewikkeld voor leerlingen van dit niveau.

Het is mogelijk om alle metingen in ongeveer één lestijd uit te voeren. Dit practicum is ook erg nuttig om de verschillende stappen van een onderzoek in te oefenen. Het gebruikte materiaal is bovendien relatief goedkoop.

8. Suggesties voor ondervraging van de leerlingen

Als we de grafiek van de vervorming van de schuifpasser uitzetten als functie van het kwadraat van de afstand Δx , zien we ook een lineair verband als de massa van het wagentje constant gehouden wordt. Aangezien de beginhoogte h van het wagentje evenredig is met deze afstand Δx , kan worden afgeleid dat de geleverde arbeid evenredig is met de beginhoogte h van de wagen. We kunnen dus door dit experiment ook verifiëren dat de potentiële gravitatie-energie volledig wordt omgezet in kinetische energie en dat er behoud is van de totale mechanische energie tijdens de afdaling.

Het feit dat de tijd van afdaling niet afhangt van de massa is altijd voorwerp van verbazing voor de leerlingen en dit introduceert al de eerste noties van de valbeweging die ze in het 5e jaar zullen bestuderen.