

Behoud van impuls en 2^{de} wet van Newton

Samenvatting

In dit labo onderzochten we de 2^{de} wet van Newton en het behoud van impuls en kinetische energie. We maakten gebruik van 3 opstellingen met behulp van 2 wagentjes, een krachtsensor en 2 bewegingssensoren. Hierdoor konden we, aan de hand van de 2^{de} wet van Newton, de massa van een wagentje berekenen en de vergelijking analyseren. Tijdens het onderzoeken over het behoud van impuls en kinetische energie, hebben we een onderscheid gemaakt tussen: elastische en inelastische botsingen. Ten slotte hebben we onze theoretische waarden vergeleken met de experimentele metingen.

1. Algemene metingen en constanten

$$m_1 = 0,298 \pm 5,00 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \quad (1)$$

$$m_2 = 0,291 \pm 5,00 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \quad (2)$$

(1) En (2) zijn respectievelijk de massa's voor het eerste wagentje en het tweede wagentje. De onzekerheid op de weegschaal is in realiteit te verwaarlozen maar wordt in dit geval toch mee gerekend in de berekeningen.

2. Metingen en verwerkingen

In dit labo maken we gebruik van 2 wagentjes die aan de éne kant velcro bevatten, om de inelastische botsing na te bootsen, en aan de andere kant een magneet, om de elastische botsing na te bootsen. Aan de hand van PASCO-krachtsensor en PASCO-bewegingssensor kunnen we de snelheid/versnelling en kracht van de wagentjes op de baan meten.

A) 2^e Wet van Newton

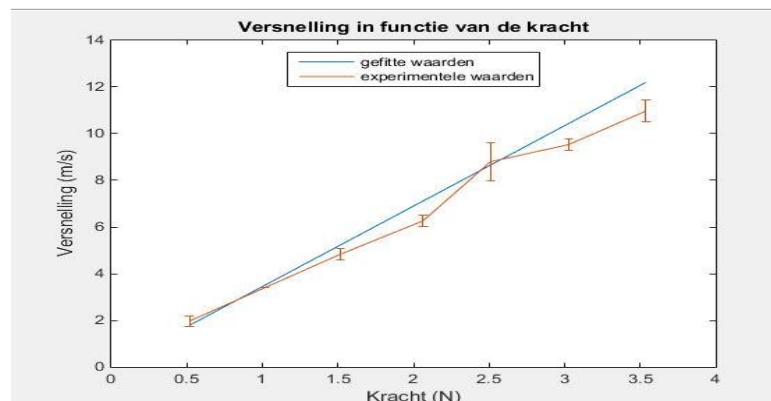
Onze verwachtingen voor dit experiment zijn als volgt:

- We zouden een rechte door de oorsprong moeten verkrijgen.
- De formule $F(t) = m \cdot a(t)$ moet voldaan worden.
- De massa verkregen door experimentele gegevens zou overeen moeten komen met de gewogen massa van het wagentje.

Metingen

We maken gebruik van een rekker om een wagentje aan de krachtsensor te bevestigen, zodat we een kracht op de sensor uitoefenen. Vervolgens laten we het wagentje los en zal het versnellen. Op het moment dat we het wagentje loslaten zullen

we de versnelling meten aan de hand van de bewegingssensor. Deze metingen zullen we dan vervolgens analyseren via onderstaande grafiek: *grafiek 1*



Grafiek 1: de versnelling in functie van de kracht

Uit de gemeten waarden was de onzekerheid van de versnelling het grootst namelijk:

$$\sigma(|a(t)|)/|a(t)| = 0.0516 \quad (3)$$

$$\sigma(|F(t)|)/|F(t)| = 0.0167 \quad (4)$$

Hieruit volgt dat de versnelling op de y-as geplott wordt.

Dit leidt tot de volgende vergelijking op de grafiek:

$$|\vec{a}(t)| = |\vec{F}(t)|/m \quad (5)$$

De verkregen massa, uit de experimentele gegevens, worden door de waarden van $F(t)$ en $a(t)$ te fitten in het programma MATLAB gevonden aan de hand van de formule:

$$y = a \cdot x + b \quad (6)$$

Waarbij $a = 1/m$, $y = a(t)$ en $x = F(t)$

$$\text{Experimentele massa} = 0,322 \pm 0,033 \text{ kg} \quad (7)$$

Deze meting voor de massa is realistisch want de gewogen massa (2) is 0,291 kg. Uit *grafiek 1* kan je ook afleiden dat de acceleratie een recht evenredig verband heeft met de kracht want de rechte gaat door de oorsprong. Dus de 2^{de} wet van Newton klopt volgens dit experiment.

Besluit

Volgens de experimentele metingen klopt de 2^{de} wet van Newton. Dit kunnen we concluderen uit *grafiek 1*, omdat het een rechte door de oorsprong weergeeft. Dit betekent dat de versnelling recht evenredig is met de kracht en $F(t) = m \cdot a(t)$ geldt. De massa gevonden uit de fit is ook een realistische waarde wat onze conclusie verstevigt.

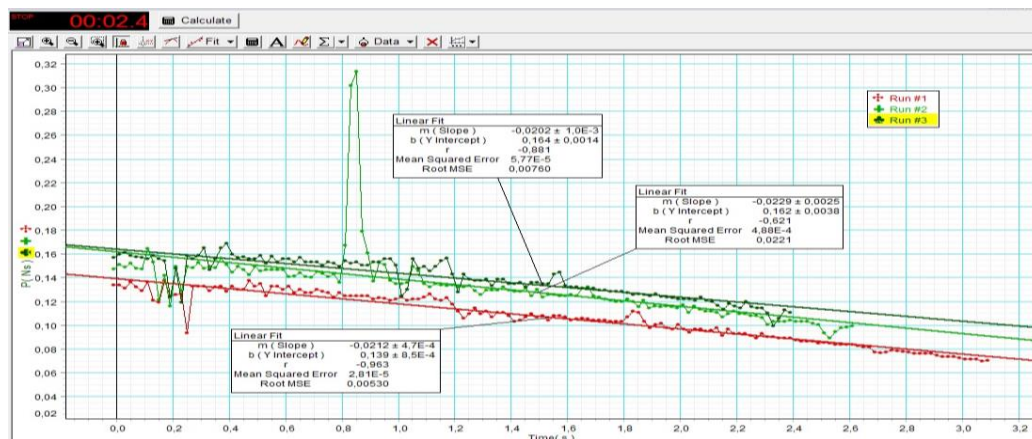
B) Elastische botsing

We verwachten dat er behoud van impuls en energie is. Met andere woorden, dat de impuls (en energie) constant zijn of de verandering van impuls (en energie) naar de tijd 0 zijn.

Metingen

In deze proef gaan we 2 wagentjes, met hun magneten naar elkaar toe gericht, op de baan plaatsen. 1 Van de 2 wagentjes staat stil en vervolgens geven we de andere een beginsnelheid zodat het wagentje tegen de stilstaande wagen botst. We zullen hierbij de snelheid meten van de beide wagentjes voor en na de botsing.

Behoud van impuls



Grafiek 2: De impuls in functie van de tijd

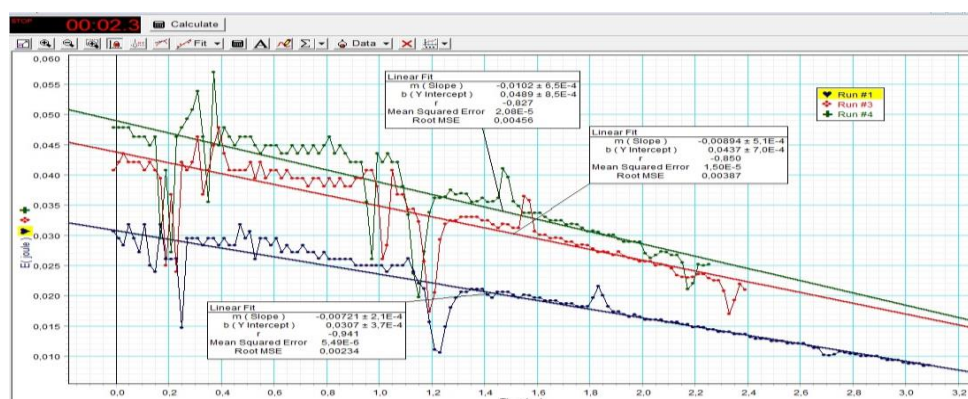
In grafiek 2 plotten we de totale impuls in functie van de tijd. De totale impuls gebruikt volgende formule:

$$P(t) = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 \quad (8)$$

Behoud van impuls wordt ook in volgende vergelijking voorgesteld:

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2' \quad (9)$$

Behoud van kinetische Energie



Grafiek 3: De kinetische energie in functie van de tijd

Op grafiek 3 plotten we de totale kinetische energie in functie van de tijd. De totale kinetische energie gebruikt volgende formule:

$$0,5 \cdot m_1 \cdot v_1^2 + 0,5 \cdot m_2 \cdot v_2^2 = 0,5 \cdot m_1 \cdot v_1'^2 + 0,5 \cdot m_2 \cdot v_2'^2 \quad (10)$$

Om na te gaan of er behoud van impuls en kinetische energie is, gebruiken we een lineaire fit van de meetwaarden en verwachten een richtingscoëfficiënt van 0 (horizontale rechte).

Bij deze 3 metingen voor de **impuls** is de gemiddelde **richtingscoëfficiënt** 0.0214 ± 0.0014 .

En die voor de **kinetische energie** -0.0088 ± 0.0015 .

We kunnen dus zeggen dat deze niet nul is maar bijna nul wegens de wrijving van de baan en de lucht op de wagentjes.

praktijk versus theorie.

We bekijken de snelheid van de wagentjes juist voor de botsing $v_1(\text{gem})$ en juist na de botsing $v_1'(\text{gem})$ en $v_2'(\text{gem})$ ¹

$$v_1(\text{gem}) = 0.390 \pm 0.147 \text{ m/s}$$

$$v_1'(\text{gem}) = -0.033 \pm 0.032 \text{ m/s}$$

$$v_2'(\text{gem}) = 0.450 \pm 0.062 \text{ m/s}$$

Theoretisch:

$$\begin{aligned} v_1'/v_1 &= (m_1 - m_2)/(m_1 + m_2) & (11) \\ &= (0,2914 \text{ kg} - 0,2980 \text{ kg})/(0,2914 \text{ kg} + 0,2980 \text{ kg}) \\ &= -11,20 \cdot 10^{-3} \pm 1,20 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

Praktisch:

$$v_1'/v_1 = -0.0846 \pm 0.964 \quad (12)$$

De experimentele waarde voor v_1'/v_1 komt overeen met de theoretische waarden wegens de grote onzekerheid in de praktijk. In realiteit verlangen we naar een meer preciezere onzekerheid om conclusies te kunnen trekken.

Besluit

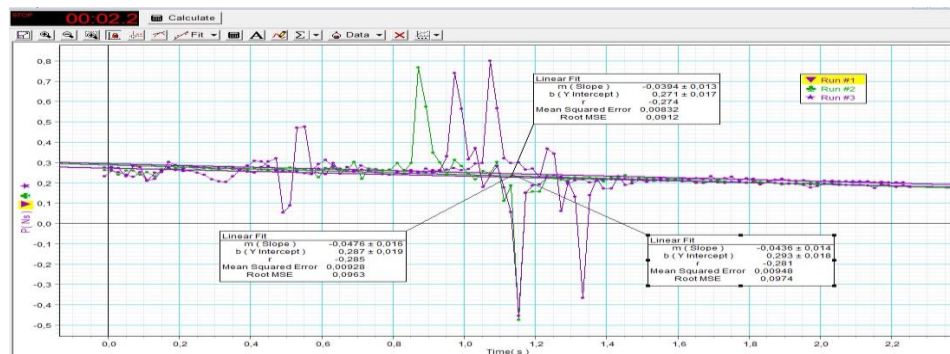
Wegens de lage waarden voor de richtingscoëfficiënt kunnen we concluderen dat er behoud van impuls en kinetische energie is. Er waren wel dergelijke systematische onzekerheden zoals de luchtweerstand en de wrijvingskracht van de baan op het wagentje. De experimentele waarden hebben ook een te grote onzekerheid om sommige theoretische waarden te ondersteunen. Dit is een werkpunt voor de toekomst.

C) Inelastische botsing

Bij deze proef zullen we de wagentjes net zoals bij een elastische botsing tegen elkaar laten botsen, maar deze keer zal de velcro-kant naar elkaar toe gericht zijn.

Behoud van impuls.

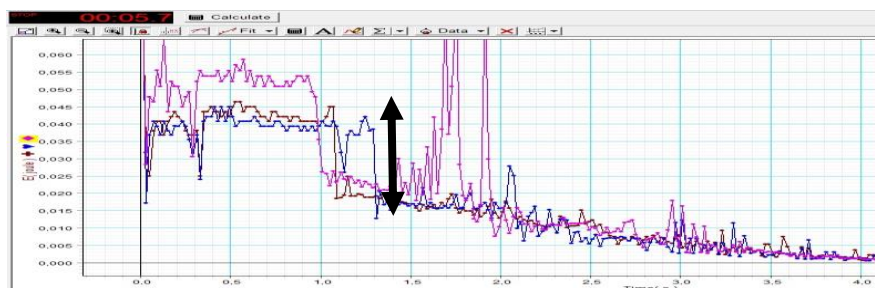
¹ $v_2(\text{gem}) = 0,0 \text{ m/s}$ omdat het 2^{de} wagentje stil staat.



Grafiek 4: Impuls in functie van de tijd

We verwachten hier hetzelfde als bij de elastische botsing en dat is inderdaad ook zo de gemiddelde richtingscoëfficiënt bedraagt hier $-0,0435 \pm 0,0041$.

Behoud van kinetische Energie.



Grafiek 5: Energie in functie van de tijd

We zien duidelijk dat er bij een inelastische botsing er geen behoud van kinetische energie is, deze maakt een sprong. We zien ook duidelijk dat er veel variaties zijn in de grafiek dit komt doordat we:

Heel hard hebben ingezoomd op de waarden volgens de y-as en omdat er trillingen zijn van de plaatjes die op de wagentjes staan.

Praktijk versus Theorie.

De kinetisch energie voor de botsing E_k vergelijken we met die na de botsing E_k' .

$$E_k' = 0.0193 \pm 0.013 \text{ J}$$

$$E_k = 0.0080 \pm 0.0065 \text{ J}$$

$$E_k'/E_k = 2,413 \pm 2,546$$

Algemeen besluit

De 2^{de} wet van Newton voldoet volgens ons experiment, die zegt dat de kracht recht evenredig is met versnelling. Vervolgens vertelt de richtingscoëfficiënt van de elastische en inelastische botsing dat de impuls behouden wordt. Bij een inelastische botsing wordt de totale kinetische energie echter niet behouden. Als opmerking kan nog gezegd worden dat onze onzekerheid te hoog was om sommige theoretische waarden te vergelijken met experimentele. Hieraan zal gewerkt moeten worden.