

LPD 27 De leerlingen gebruiken het concept traagheidsbeginsel en de hoofdwet van de dynamica om fenomenen en toepassingen in bewegingssituaties te verklaren.

Samenhang tweede graad: II-Nat-da LPD 24

Samenhang eerste graad: in Natuurwetenschappen werd de verandering van bewegingstoestand als gevolg van de uitwerking van krachten gezien.

- ✓ Je kan hier een onderscheid maken tussen situaties waarbij de resulterende kracht op een voorwerp nul is en situaties waarbij dat niet zo is. Voorbeelden:
 - wat gebeurt er met je lichaam als je op een autobus zit die hard remt, heel snel optrekt of een snelle bocht naar links neemt?
 - bij spurt: hoe lang duurt het om tot op topsnelheid te komen?
 - bij fietsen: bochten nemen, versnellen, vertragen, blijven bollen ...

De eerste wet van Newton of de traagheidswet

Bij de ERB hadden we gezien dat er een evenwicht van krachten is:

- verticaal: $F_n = F_z$
- horizontaal: $F_{\text{fietser}} = F_{\text{luchtweerstand}}$ (figuur 2)

Merk op dat bij **figuur 1** er versnelling is, omdat de kracht van de fietser groter is dan de luchtweerstandskracht.

Na korte tijd zal, door de toegenomen snelheid, de luchtweerstandskracht even groot zijn als de kracht van de fietser en gaat hij over in een ERB.

Figuur 3: gaat hij remmen dan zorgt de wrijvingskracht (of stopt hij met trappen dan zorgt de luchtweerstandskracht) er voor dat hij gaat vertragen.

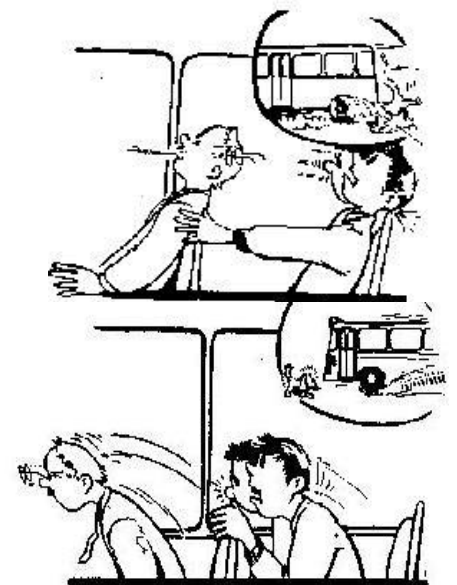
In onder- en nevenstaande situaties is er geen evenwicht van krachten.

Wat gebeurt er met jou als de bus

- vanuit rust snel optrekt?
- plots bruusk moet remmen?
- een korte bocht naar rechts maakt?



Elke massa bezit een eigenschap, die we de traagheid noemen, waardoor elke massa zich verzet tegen verandering van bewegingstoestand.



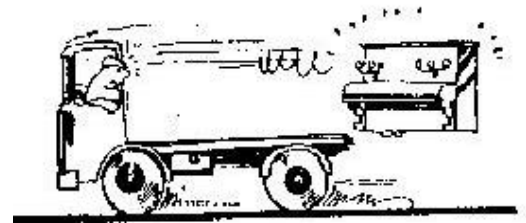
Eerste wet van Newton (traagheidswet):

Als op een voorwerp geen resulterende kracht werkt, dan

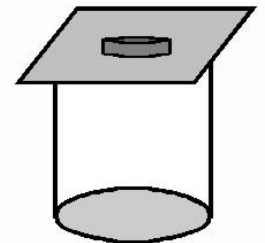
- blijft het rust als het in rust was;
- dan blijft eenparig rechtlijnig verder bewegen als het in beweging was.

Voorbeelden:

- https://www.youtube.com/watch?v=eQXh67rrAgo&feature=emb_logo
- Bij een verhuisvrachtwagen moeten de meubels vastgebonden worden, zo niet zou er veel schade zijn.



- De truc met een glas, een glad kartonnetje/spelkaart en 2 EUR:
- Welke is het rauwe ei en welke het gekookte ei?
Als je een ei laat ronddraaien en je er heel even kort je vinger oplegt en snel weer loslaat, zal het rauw ei nadien doordraaien.



- De truc met het tafelkleed: waar of niet waar?
<https://www.youtube.com/watch?v=vfnt8Sdj7cs>
of deze?
<http://www.youtube.com/watch?v=uWMWSc8KPr8&feature=related>
- https://www.youtube.com/watch?v=MV5solfoNTs&feature=emb_logo

In sportsituaties

Hoe zwaarder een voorwerp of een lichaam hoe harder het zich verzet tegen verandering van bewegingstoestand en hoe meer kracht je daar dan voor nodig hebt.

- Om een zware persoon of een zware kogel te versnellen, heb je een groter kracht nodig.
- Het omgekeerde geldt ook: een zwaar lichaam in beweging gaat langer doorbollen dan een lichter lichaam.
- Hetzelfde geldt bij verandering van richting, zoals bv. in een bocht. Denk aan een kogelslingeraar. Deze wil de kogel met een grote snelheid lanceren om zo ver mogelijk te geraken. Maar door de grote massa is er een grote kracht naar binnen nodig om de kogel tijdens de rotatie van de atleet in zijn cirkelbaan te houden. Kogelslingeraars zijn daarom heel sterke en zware atleten.

Tweede wet van Newton of de grondwet van de dynamica

Eerste wet van Newton: als er op een voorwerp geen resulterende kracht werkt dan is het voorwerp in RUST of voert het een ERB uit.

Dit betekent dat de snelheidsvector constant is.

De tweede wet van Newton gaat ons zeggen wat er gebeurt als er wel een resulterende kracht inwerkt op een voorwerp.



Als gevolg van het dynamisch effect van een kracht weten we uit het 3^{de} jaar dat een voorwerp kan versnellen, vertragen of afbuigen.

- versnellen: de snelheid wordt groter
- vertragen: de snelheid wordt kleiner
- afbuigen: de snelheid verandert van richting

Een kracht zorgt dus voor een snelheidsverandering en dus voor een versnelling

Kracht veroorzaakt dus versnelling! We zoeken nu naar het verband?

Hierbij speelt niet alleen de kracht, maar ook de massa een rol.

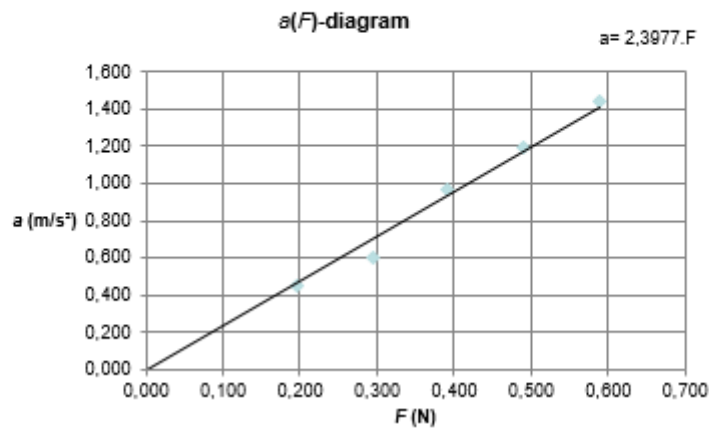
Onderzoeksvraag: wat is het verband tussen F , m en a ?

We splitsen deze onderzoeksvraag op in 2 deelonderzoeksvragen:

- wat is het verband tussen a en F bij cte m ;
- wat is het verband tussen a en m bij cte F .

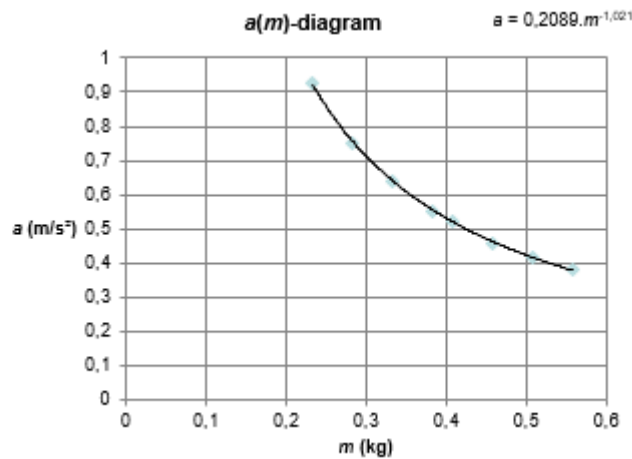


F(N)	a(m/s ²)
0,196	0,453
0,294	0,600
0,392	0,964
0,491	1,192
0,589	1,442



⇒ $a \sim F$ (bij cte m)

m(kg)	a(m/s ²)
0,234	0,927
0,284	0,748
0,334	0,642
0,384	0,554
0,409	0,523
0,459	0,458
0,509	0,416
0,559	0,381



⇒ $a \sim 1/m$ (bij cte F)

Samengevat:

$a \sim F$ (bij cte m)

$$\Rightarrow a \sim F/m \quad \Rightarrow a = \text{cte} \cdot F/m$$

$a \sim 1/m$ (bij cte F)

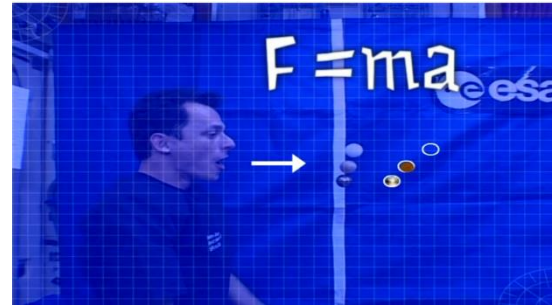
Door de gepaste keuze van de eenheid van kracht verkrijgen we dat die cte gelijk is aan 1.

Dit betekent dat $a = F/m$ of dat $F = m \cdot a$

Definitie: $[F] = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2 = 1 \text{ N}$ (newton)

Illustratie: 2de beginsel van Newton in het ISS (van 1:50 tot 3:50 min)

Zie <http://www.youtube.com/watch?v=WzvhuQ5RWJE>



Een sportieve leraar fysica legt de 2^{de} wet van Newton uit:

<http://www.liacoseducationalmedia.com/shedding-light-on-motion-episode-7-newtons-second-law/>

Newton's Second Law of Motion: Shedding Light on Motion Episode 7

the acceleration is directly proportional to the force

Force (Newtons)	Acceleration (m/s ²)
0	0
100	0.5
200	1.0
300	1.5

2:09 / 5:57

Later bekijken Delen

YouTube

Mass (kg)	Acceleration (m/s ²)
40	4
80	2
120	1

Verkeersveiligheid en de eerste wet van Newton

Een voorwerp waarop geen resulterende uitwendige kracht inwerkt, is in rust of beweegt zich rechtlijnig voort met constante snelheid (ERB).

Gevolg. Als er geen resulterende kracht op een voorwerp inwerkt, kan er geen snelheidsverandering van dat voorwerp optreden. Zowel de grootte als de richting van de snelheid blijven dus constant.

Toepassingen

1. Het dragen van een gordel

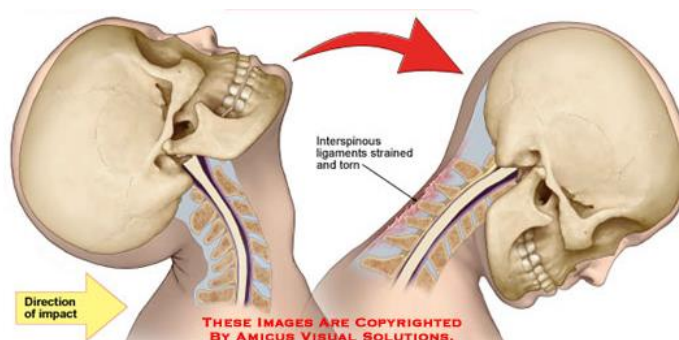
Een passagier zit achter de chauffeur op de achterbank. Hij draagt geen gordel. De moet bruusk remmen of, erger nog, komt abrupt tot stilstand tegen een boom. Wat gebeurt op dat ogenblik met de passagier en met de chauffeur?

Om die redenen, nl. het beschermen van de passagier op de achterbank én de personen voorin, is het dragen van een gordel verplicht.

De whiplash

Een whiplash is een letsel aan de nek en/of rug ten gevolge van een ongeval of andere plotselinge gebeurtenis waarbij het hoofd krachtig voor- en achteruit bewogen wordt. (De beweging is te vergelijken met de beweging van het uiteinde van een zweep, vandaar de naam whip (= zweep) en 'lash' (= slag).)

- Een bestuurder stopt en staat stil voor een verkeerslicht. De achterligger merkt dit te laat. De bestuurder van de voorste wagen wordt langs achter aangereden
→ wat gebeurt er?



ALS IK HARD OP DE VOETBAL SCHOP ZAL HIJ NOOIT MEER NAAR BENEDEN KOMEN.

HIJ KOMT TERUG NAAR BENEDEN OMDAT ER GEEN OPWAARTSE KRACHT IS NADAT JE GESCHOPT HEBT!

NEE, HIJ ZAL ZEKER TERUGVALLEN ALS DE KRACHT IS UITGEWERKT!

HIJ KOMT TERUG OMDAT DE ZWAARTEKRACHT HEM NAAR BENEDEN TREKT.



Toepassingen in de sport

Opdracht 1:

Schrap wat niet past.

- a) Sven rijdt met een stevige snelheid op zijn mountainbike over een smal, recht bospad. Hij is even verstrooid zodat hij de boomstam die dwars over het pad ligt niet opmerkt. Hij botst er tegen en vliegt in een wijde boog over zijn fiets omdat hij

in rust / beweging is en

in die toestand van rust / beweging wil blijven.



Vul aan.

- b) Een loper zal voorbij de eindstreep nog even uitlopen

omdat hij in ...

- c) Een formule1-rijder start en versnelt fors. Hij wordt tegen de rugleuning geduwd

omdat hij in ...

- d) Om haar sprong goed te beëindigen zal een turnster bij het neerkomen op de grond nog even door haar benen buigen

omdat zij ...

De eerste wet van Newton of de traagheidswet

1. Wat bedoelt men met 'traagheid'?

1. We leggen een papier op een beker en daarbovenop een muntstuk. We trekken het papiertje met een ruk weg.

Waarneming: Het muntstuk valt in de beker.

Besluit: Het muntstuk is in rust en wil in die toestand van rust blijven.

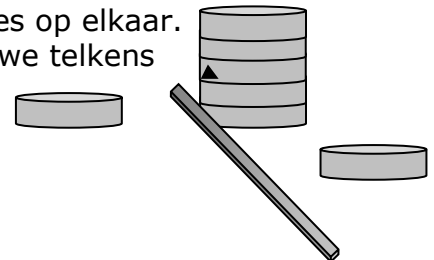
2. We dekken een tafel en trekken zeer snel het tafellaken weg.

Waarneming: Het servies blijft staan.

Besluit: Het servies is in rust en wil in die toestand van rust blijven.



3. We stapelen een tiental identieke ronde schijven netjes op elkaar. Met een lat die iets dunner is dan de schijven, geven we telkens een forse tik tegen de onderste schijf.



Waarneming: De stapel valt niet om.

Besluit: De schijfjes zijn in rust en willen in die toestand van rust blijven.

De kracht van de lat op de schijfjes is nodig om ze in beweging te brengen.

4. Je zit in een auto die rijdt tegen 100 km/h. De chauffeur moet bruusk remmen.

Waarneming: Je vliegt naar voren. Gelukkig zit de veiligheidsgordel vast!

Besluit: Je bent in beweging en je lichaam wil die toestand van beweging behouden. De kracht uitgeoefend door de autogordel remt je af.

Een voorwerp in rust, blijft uit zichzelf in rust.

Een voorwerp dat beweegt, blijft uit zichzelf eenparig rechtlijnig bewegen.

Elk voorwerp bezit '**traagheid**', namelijk de 'neiging' om zich te verzetten tegen een verandering van bewegingstoestand.

2. De traagheidswet

Proef en voorbeeld

1. We laten een knikker achtereenvolgens rollen over een gladde tafel en over een badhanddoek.

Waarneming: De knikker stopt veel sneller op de badhanddoek dan op de tafel.

Besluit: De knikker stopt niet uit zichzelf. Er is een remkracht nodig om de knikker te stoppen. Deze remkracht is de wrijvingskracht van de badhanddoek op de knikker.

2. Je rijdt met de fiets aan een constante snelheid op een rechte, horizontale baan.

Waarneming: Alhoewel je een ERB uitvoert, moet je blijven trappen.

Besluit: Je moet een kracht uitoefenen die even groot is als de wrijvingskracht. Er is dan geen resulterende kracht.

Besluit

Als de bewegingstoestand van een voorwerp **verandert** dan wordt die verandering veroorzaakt door de **resulterende kracht** die op dat voorwerp werkt.

Als de bewegingstoestand van een voorwerp **NIET verandert** dan kan er bijgevolg **GEEN resulterende kracht** op dat voorwerp werken.

Dit leidt tot de eerste wet van Newton of de traagheidswet.

Eerste wet van Newton of traagheidswet

Een voorwerp waarop geen resulterende kracht werkt, is in rust of voert een eenparig rechtlijnige beweging uit.



De tweede wet van Newton

1. Verband tussen kracht en versnelling

We kunnen voorgaande paragraaf als volgt samenvatten:

RUST	\Leftrightarrow	$v = 0 \text{ m/s}$	}	\Rightarrow	$a = 0 \text{ m/s}^2 \Leftrightarrow F = 0 \text{ N}$
ERB	\Leftrightarrow	$v = \text{constant}$			

Omdat een voorwerp 'uit zichzelf' niet van bewegingstoestand verandert, zal er een resulterende kracht nodig zijn om de bewegingstoestand van een voorwerp te veranderen. M.a.w. om een voorwerp te versnellen, te vertragen of van richting te veranderen, moet er op dat voorwerp een resulterende kracht uitgeoefend worden.

Samengevat:

VERSNELLEN VERTRAGEN RICHTING VERANDEREN	}	\Leftrightarrow	$v \neq \text{constant}$	\Leftrightarrow	$a \neq 0 \text{ m/s}^2 \Leftrightarrow F \neq 0 \text{ N}$

Hieruit besluiten we dat er een verband moet bestaan tussen de grootte van de resulterende kracht F uitgeoefend op een voorwerp en de versnelling a die dat voorwerp daardoor krijgt.

We zoeken dit verband aan de hand van volgend voorbeeld.

Voorbeeld

Kleine Jan schopt tegen een voetbal en Grote Jan schopt tegen diezelfde voetbal. In beide gevallen is de resulterende kracht op de voetbal getekend.



Bij Grote Jan zal de bal de grootste versnelling krijgen.

Indien we de krachten en de versnellingen zouden meten, dan zouden we vinden dat als de kracht verdubbelt, de versnelling verdubbelt, als de kracht driemaal zo groot is, de versnelling ook driemaal zo groot is, ...

2. Verband tussen massa en versnelling

Voorbeelden

Wie al eens een auto met pech heeft moeten duwen, weet wel dat je een lichte auto veel makkelijker in beweging krijgt (versnelt) dan een zware auto.



Anderzijds kan je met een lichte fiets sneller stoppen (vertragen) dan met een zware fiets.

Indien we de massa's en de versnellingen zouden meten, dan zouden we vinden dat als de massa verdubbelt, de versnelling halveert, als de massa driemaal zo groot is, de versnelling ook driemaal zo klein is, ...

De praktijk leert je dus dat de massa m van het voorwerp een rol speelt wanneer je de toestand van rust of beweging van dat voorwerp wil veranderen.

De massa van een voorwerp is een maat voor de traagheid van dat voorwerp.

3. Verband tussen kracht, versnelling en massa

Uit voorgaande paragrafen besluiten we dat er een verband bestaat tussen de grootte van de resulterende kracht F uitgeoefend op een voorwerp, de massa m van dat voorwerp en de versnelling a die dat voorwerp daardoor krijgt.

Uit experimenten blijkt dat:

$$F = m.a$$

Dit leidt tot de tweede wet van Newton of de hoofdwet van de dynamica.

Tweede wet van Newton of de hoofdwet van de dynamica

De grootte van de resulterende kracht F die aan een voorwerp met massa m een versnelling a geeft, voldoet aan

$$F = m.a$$

Hieruit volgt ook dat $1 \text{ N} = 1 \text{ kg.m/s}^2$.