



The 41st International Physics Olympiad in Croatia
Experimentele toets
Woensdag 21 juli 2010

Lees dit eerst:

1. De beschikbare tijd is vijf uur voor experiment 1 en 2 samen.
2. Er zijn 2 experimenten.
Voor elk experiment wordt maximaal 10 punten toegekend.
3. Gebruik alleen de ter beschikking gestelde middelen, pen en bladen papier.
4. Schrijf je antwoorden op de antwoordbladen (**Answer sheets**)
Werkbladen (Working sheets) kunnen zo nodig gebruikt worden
Alle bladen zullen bij de beoordeling betrokken worden.
5. Als je werkbladen gebruikt:
 - Gebruik alleen de voorkant van het papier
 - Start ieder onderdeel op een nieuw blad papier.
 - Schrijf op ieder blad papier:
 - 1) Het nummer van de betreffende opdracht (**Task No**).
 - 2) Het pagina nummer (**Page No.**) – Het volgnummer van elk blad bij die opdracht.
 - 3) Het totaal aantal bladzijden voor dat deel. (**Total No. of Pages**)
 - 4) Je landcode (**Country Code**) en je eigen studentcode (**Student Code**).
 - Formuleer nauwkeurig. Gebruik zo min mogelijk tekst. Gebruik zo veel mogelijk vergelijkingen, getallen, symbolen, figuren en grafieken.
 - Zet een kruis door de pagina's die je niet bij het nakijken betrokken wilt zien. Neem ze niet op in je nummering.
6. Gebruik voor elke opdracht het bijbehorende antwoordblad (**Answer Sheet**) om je *definitieve antwoord* in het betreffende vakje te zetten. Geef het juiste aantal significante cijfers. **Denk eraan eenheden te vermelden.**
7. Leg na afloop alle bladen, *per experiment*, in onderstaande volgorde:
 - Het antwoordblad (**Answer Sheet**).
 - Werkbladen die je wilt laten meetellen.
 - Werkbladen (met kruis) die je niet wilt laten meetellen.Plaats alle ongebruikte bladen, grafiekpapier en de opgaven onderop.
8. Klip *alle bladen* samen en laat ze achter op je tafel.
9. Het is niet toegestaan om *enig* papier en/of *iets* van het gebruikte practicum materiaal mee te nemen uit de examenruimte.



Handleiding voor de weegschaal



De weegschaal wordt aan/uit (**ON-OFF**) gezet met de **rechter** knop.
Met de **middelste** knop zet je de uitlezing op 0 . Dit is de TARRA functie.
Met de **linker** knop kun je de eenheid veranderen.

Instructie: Stel de eenheid in op gram indien hij anders is ingesteld!

Aparte instructie voor het gebruik van de pers

De pers wordt gebruikt in beide experimenten. Het bovenste deel van de pers wordt bij het tweede experiment omgekeerd gebruikt vergeleken met het eerste experiment. **Zijn positie is afgebeeld bij de betreffende opdrachten.** De steen wordt geplaatst op het bovenste deel van de pers.

Het gewicht van de steen helpt het bovenste deel naar beneden te laten glijden door het draaien van de vleugelmoer (indien je dat noodzakelijk vindt kan je voorzichtig met je hand (vlakbij de verticale staaf) drukken om een rustige beweging te verkrijgen tijdens het draaien van de vleugelmoer).

Bij het uitvoeren van de experimenten moet je gebruiken dat het bovenste deel van de pers 2 mm beweegt als de vleugelmoer 360 graden rondgedraaid wordt.



Veiligheidsvoorschriften

Wees voorzichtig als je met het houten stokje, de staafmagneet en de holle cilinder bezig bent.

Let op dat je het houten stokje niet in je ogen steekt!!!

Kijk niet in de holle cilinder terwijl je met de staafmagneet in de cilinder bezig bent. Hij kan uit de cilinder schieten en je ogen beschadigen.

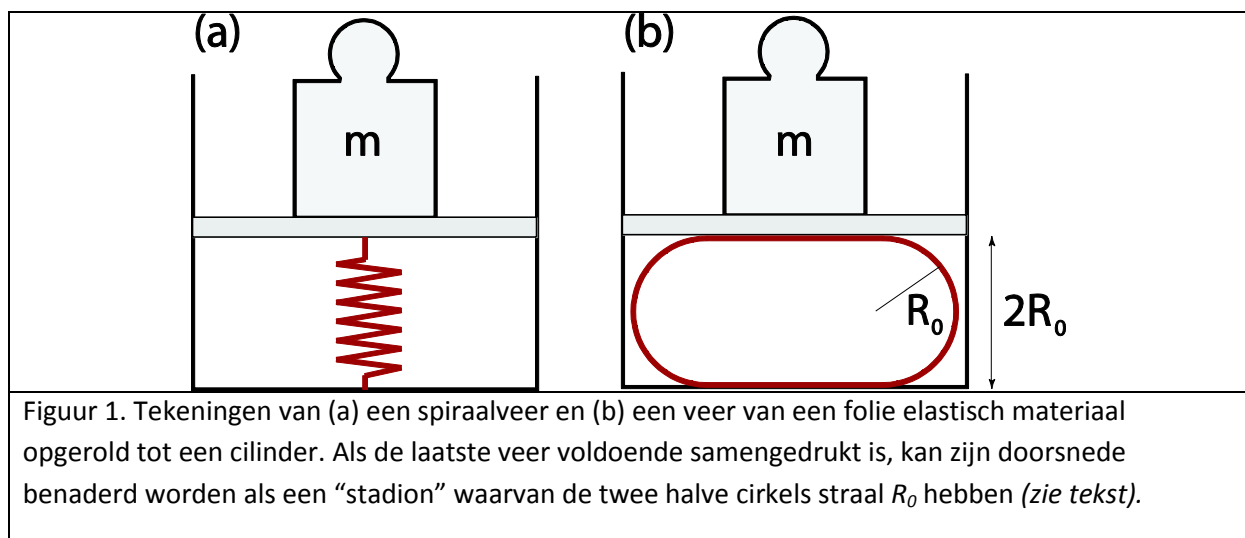
Experiment 1

Er zijn twee experimenten. De opstelling op je tafel wordt voor beide experimenten gebruikt. Je hebt vijf uur om alle opdrachten uit te voeren (experiment 1 en 2).

Experiment 1: Elasticiteit (veerkracht) van folie.

Inleiding

Veren zijn voorwerpen die van elastisch materiaal gemaakt zijn en gebruikt kunnen worden om mechanische energie in op te slaan. De bekende spiraalveren voldoen goed aan de wet van Hooke, die stelt dat de kracht waarmee de veer terug duwt (de veerkracht) evenredig is met de afstand tot zijn evenwichtsstand: $F = -k\Delta x$, waarbij k de veerconstante is, Δx de verplaatsing vanuit de evenwichtsstand, en F de kracht [zie figuur 1(a)]. Echter, elastische veren kunnen een andere vorm hebben dan de normale spiraalveren, en voor grotere vormveranderingen is de wet van Hooke in het algemeen niet toepasbaar. In dit experiment meten we de eigenschappen van een veer die gemaakt is van een folie van elastisch materiaal, zoals schematisch is weergegeven in figuur 1(b).

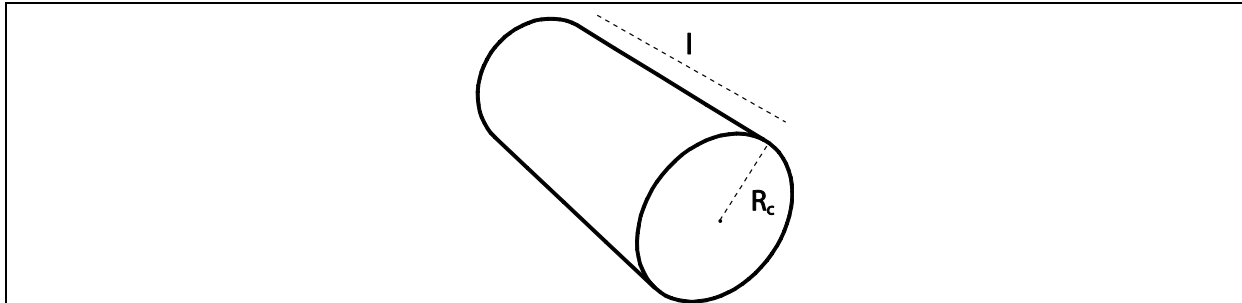


Transparant folie opgerold tot een cilindervormige veer.

Veronderstel dat we een folie elastisch materiaal nemen (in dit geval transparant folie) en het buigen. De veerenergie hangt af van de kromming van het folie. Hoe meer we het buigen, hoe meer veerenergie erin wordt opgeslagen. Delen van het folie met een sterkere kromming slaan meer energie op (in vlakke delen van het vel wordt geen energie opgeslagen, omdat hun kromming nul is). De veren die in dit experiment worden gebruikt zijn gemaakt van rechthoekig doorzichtig materiaal dat tot een cilinder is opgerold (zie figuur 2). De veerenergie die in een cilinder is opgeslagen, is

$E_{el} = \frac{\kappa}{2} \frac{1}{R_c^2} A,$	(1)
--	-----

waarin A staat voor de oppervlakte van de cilinderwand, R_c voor de straal van de cilinder, en de variabele κ voor de stijfheid (bij buiging). Deze stijfheid is afhankelijk van de veereigenschappen van het materiaal en de dikte van het folie. We verwaarlozen de uitrekking van de folies.



Figuur 2. Een schematische voorstelling van een elastisch folie opgerold tot een cilinder met straal R_c en lengte l .

Neem aan dat een dergelijke cilinder samengedrukt is als in Figuur 1(b). Voor een gegeven kracht F van de pers op de cilinder hangt de verplaatsing vanaf de evenwichtsstand af van de elasticiteit van het transparante folie. Tussen twee bepaalde waarden van de kracht op de cilinder in, is de vorm van de doorsnede van het ingedrukte folie bij benadering gelijk aan de vorm van een stadion dat bestaat uit twee lange rechte stukken en twee halve cirkels, beide met straal R_0 . Er kan aangetoond worden dat de energie van het samengedrukte systeem minimaal is als geldt:

$$R_0^2 = \frac{l\kappa\pi}{2F}.$$

(2)

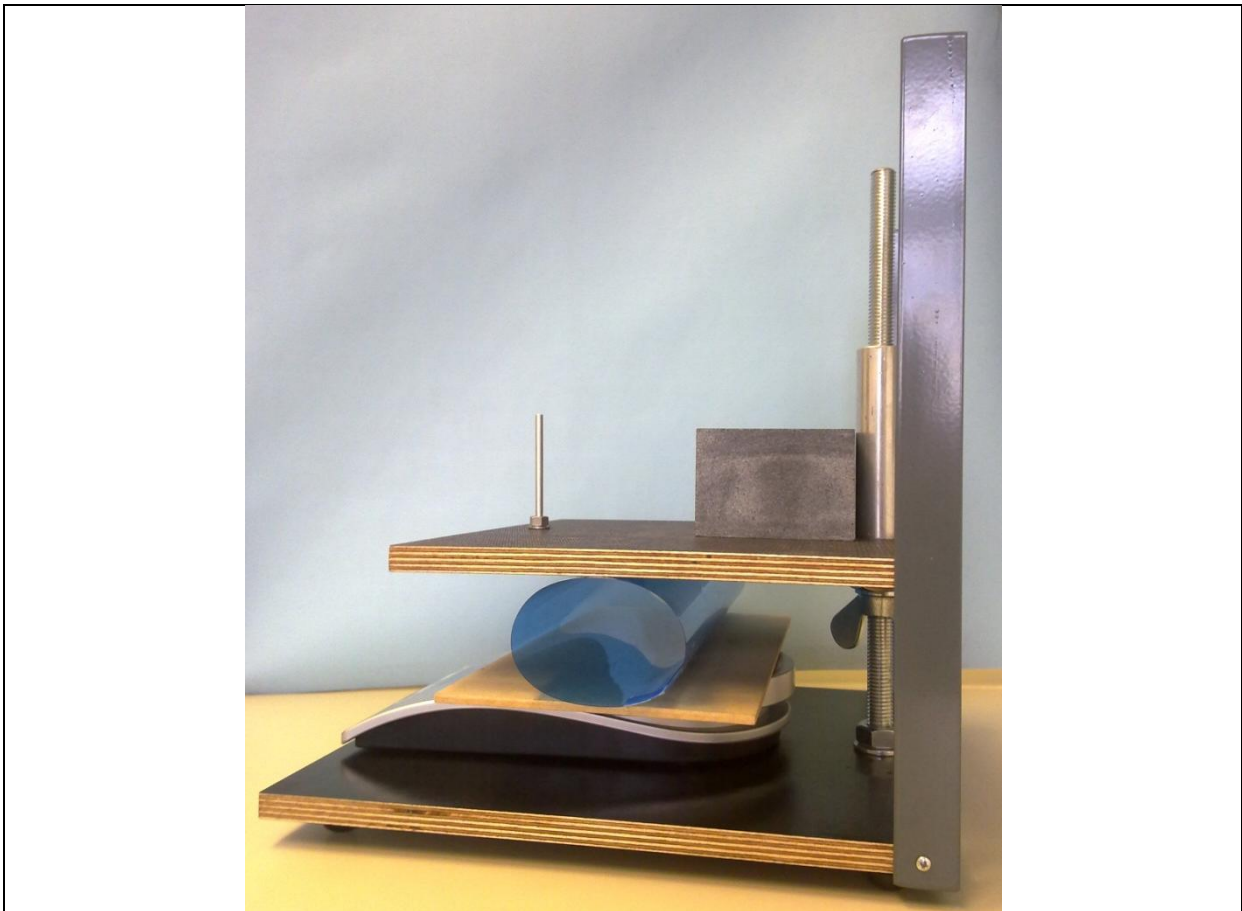
De kracht wordt gemeten met behulp van een weegschaal, die geijkt is om massa m te bepalen, dus $F = mg$, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

Opstelling van Experiment 1

De volgende materialen (die je nodig hebt bij Experiment 1) liggen op je tafel:

1. Pers (samen met een stenen blok), zie zo nodig de aparte gebruiksaanwijzing.
2. Weegschaal (meetbereik tot 5000 g, deze heeft een TARRA functie, zie zo nodig de aparte gebruiksaanwijzing)
3. Transparante folies (alle folies zijn 21 cm x 29,7 cm, blauwe folies zijn 200 μm dik, en het kleurloze folie is 150 μm dik). Vraag om extra folies als je die nodig hebt.
4. Plakband
5. Schaar
6. Liniaal met schaalverdeling
7. Een rechthoekige plaat (de plaat moet op een weegschaal gelegd worden, en het folie ligt op de plaat)

De opstelling moet gebruikt worden zoals in figuur 3. De bovenste plaat van de pers kan op en neer bewogen worden met een vleugelmoer, en de kracht (massa) die de pers uitvoert wordt gemeten met de weegschaal. **Belangrijk: de vleugelmoer beweegt 2 mm als deze 360 graden wordt rondgedraaid.** (De kleine aluminium staaf wordt in experiment 1 niet gebruikt.)



Figuur 3. De foto van een opstelling voor het meten van de stijfheid (bij buiging).

Opdrachten

1. Rol de blauwe folies op tot cilinders, de ene over de lange zijde, en de andere over de korte zijde; gebruik plakband om ze vast te plakken. De overlap moet ongeveer 0,5 cm zijn.
- (a) Meet het verband tussen de massa, afgelezen op de weegschaal en de afstand tussen de twee platen van de pers voor elk van de twee cilinders. *(1.9 punten)*
- (b) Zet je meetresultaten in geschikte diagrammen. Gebruik de liniaal en je ogen om de grafieken door de punten te tekenen en bepaal de waarden van de stijfheid κ van de cilinders. Geef duidelijk het gebied aan waarin het benaderde verband (de stadionbenadering) geldt.

Schat de waarde van $\frac{R_0}{R_c}$ waaronder het stadionverband bij benadering geldt; R_c is de straal van de niet samengedrukte cilinder(s). *(4.3 punten)*

Er is **geen foutendiscussie** bij de resultaten vereist.

2. Meet de stijfheid (voor buiging) van het kleurloze folie. *(2.8 punten)*
3. De stijfheid (voor buiging) κ hangt af van de Youngmodulus Y voor de elasticiteit van het homogene materiaal en de dikte d van het transparante folie volgens de formule

$\kappa = \frac{Yd^3}{12(1-\nu^2)},$	(3)
--------------------------------------	-------

met ν het Poissongetal voor het materiaal; voor de meeste materialen is $\nu \approx 1/3$. Bepaal uit de vorige metingen de Youngmodulus Y van het blauwe en van het kleurloze transparante folie. *(1.0 punten)*

Experiment 1 – Antwoordbladen

Country code	Student code

Opdr. 1	Points
(a)	

Country code	Student code

Opdr. 1	Points
(a)	

Country code	Student code

Opdr. 1	Points
(b)	

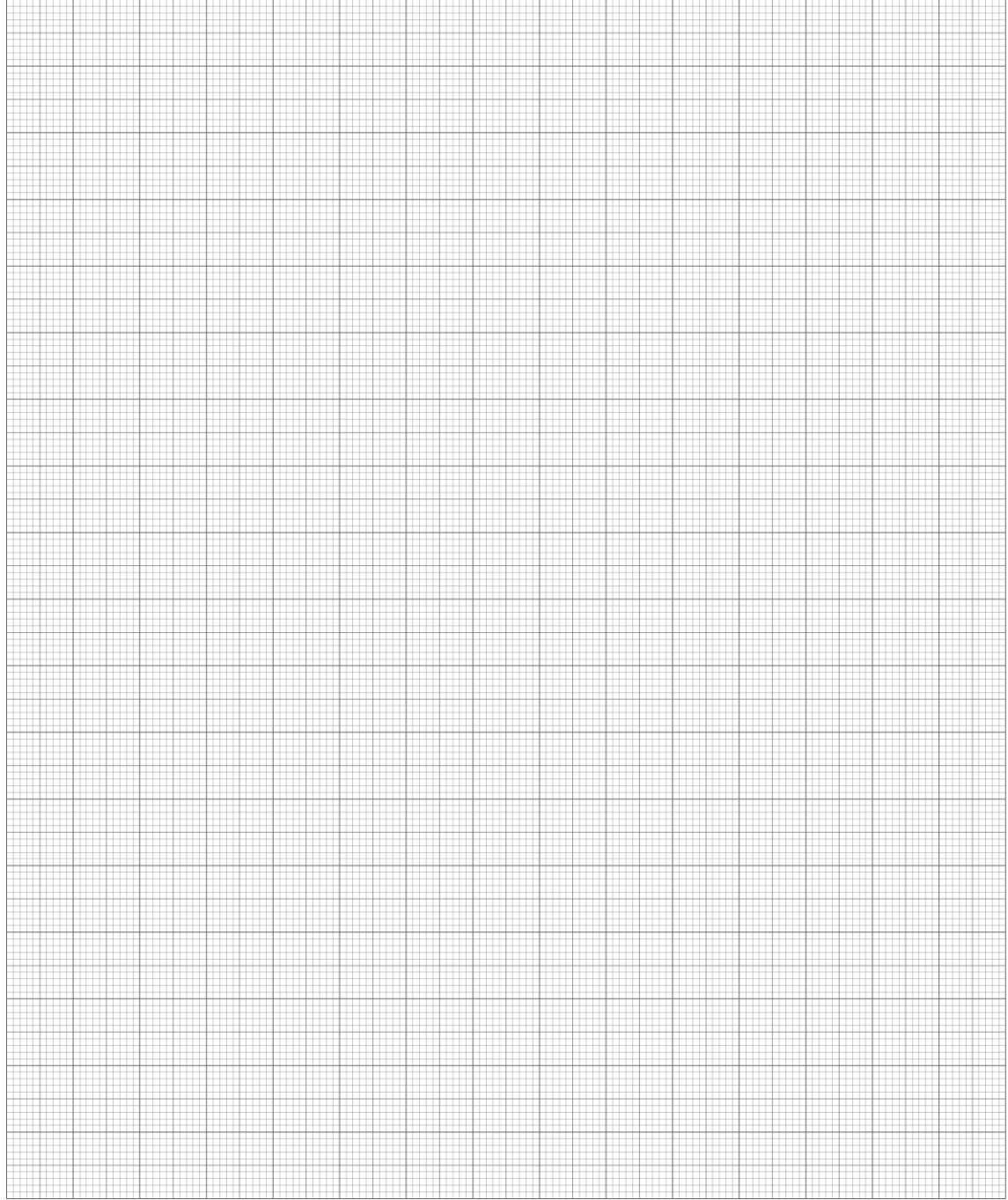
Country code	Student code

Opdr.1	Points
(b)	

Country code	Student code

Opdr. 1		Points
(b)	$\kappa =$	
	$\kappa =$	
	$\frac{R_0}{R_c} \leq$ $\frac{R_0}{R_c} \leq$	
Opdr. 2		Points

Country code	Student code

Opdr. 2	Points
	

Country code	Student code

Opdr. 2		Points
	$K =$	
Opdr. 3		Points
	Young modulus voor het blauwe folie:	
	Young modulus voor het kleurloze folie:	
Totaal:		

Experiment 2

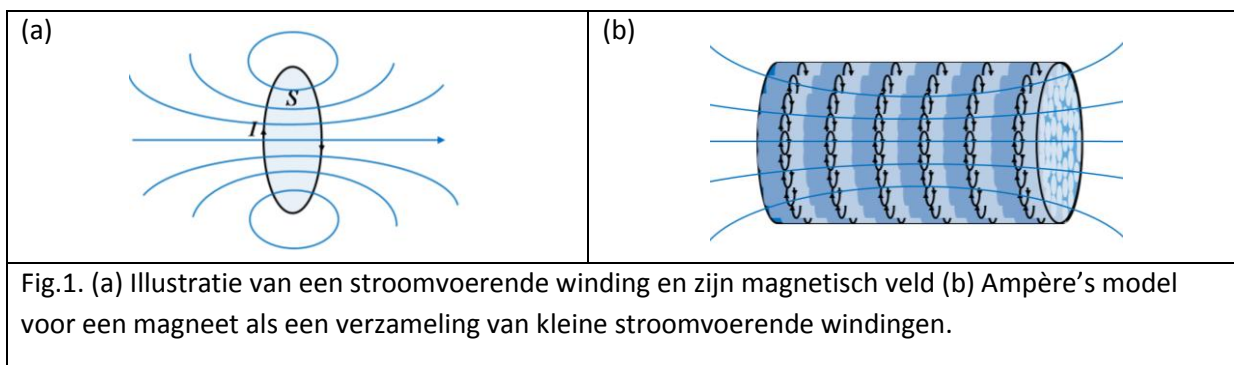
Er zijn twee experimenten. De opstelling op je tafel wordt gebruikt voor beide experimenten. Je hebt vijf uur om alle opdrachten uit te voeren (experiment 1 en 2).

Experiment 2:

Krachten tussen magneten, begrippen van stabiliteit en symmetrie

Inleiding

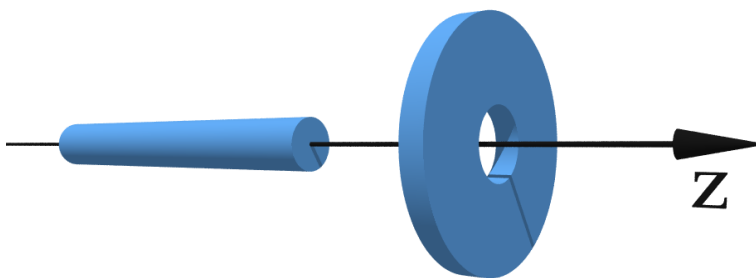
Een elektrische stroom I in een winding met oppervlakte S wekt een magnetisch moment met grootte $m = IS$ op [zie Fig 1(a)]. Een permanente magneet kan opgevat worden als een verzameling van kleine magnetische momentjes van ijzeratomen (Fe), die elk analoog zijn aan het magnetisch moment van een stroomvoerende winding. Dit (Ampère's) model voor een magneet is geïllustreerd in Fig. 1(b). Het totale magnetisch moment is de som van alle kleine magnetische momentjes, en het wijst van de zuid- naar de noordpool in de magneet.



Krachten tussen magneten

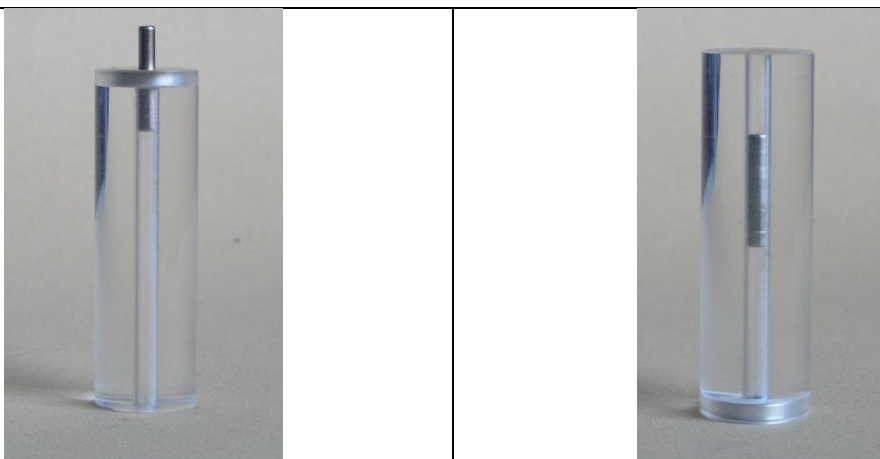
Het berekenen van de kracht tussen twee magneten, zuiver theoretisch, is niet vanzelfsprekend. Iedereen weet dat gelijknamige polen van twee magneten elkaar afstoten, en ongelijknamige polen elkaar aantrekken. De kracht tussen twee stroomvoerende windingen hangt af van de sterkte van de stroom in beide, hun vorm en hun onderlinge afstand. Als we de stroom in één van beide windingen omdraaien, dan zal de kracht die ze op elkaar uitoefenen even groot zijn, maar in de tegengestelde zin (richting).

In dit experiment ga je de krachten tussen twee magneten onderzoeken, nl. tussen een “ring”-magneet en een staafmagneet. We zijn daarbij geïnteresseerd in de geometrie waarbij de symmetrie-assen van beide magneten samenvallen (zie Figuur 2). De staafmagneet kan langs de z -as bewegen, door de “ring”-magneet heen, van links naar rechts (zie Fig. 2). Er zal jou onder andere gevraagd worden de kracht tussen de magneten te meten als een functie van z . De oorsprong van de z -as is de plaats waarbij de centra van de magneten samenvallen.



Figuur 2. De staafmagneet en de “ring”-magneet liggen op één lijn. Hun onderlinge krachten veranderen terwijl de staafmagneet beweegt langs de z -as.

Om er zeker van te zijn dat de staafmagneet langs de symmetrieas (z -as) beweegt, is de “ring”-magneet stevig ingebed in een transparante cilinder waarin een smalle, holle buis geboord is langs de z -as. De staafmagneet kan dus niet anders dan bewegen langs de z -as door de buis. De holte verzekert radiale stabiliteit van de magneten.



Figuur 3. Foto van twee magneten en een transparante, holle cilinder. De staafmagneet beweegt door de holte in de cilinder.

Opstelling van Experiment 2

De volgende zaken (die je nodig hebt bij Experiment 2) liggen op je tafel:

1. Pers (samen met een stenen blok), zie zo nodig de aparte gebruiksaanwijzing.
2. Weegschaal (meetbereik tot 5000 g, deze heeft een TARRA functie, zie zo nodig de aparte gebruiksaanwijzing)
3. Een transparante, holle cilinder met aan één kant een “ring”-magneet
4. Eén staafmagneet
5. Een houten stokje (om de staafmagneet uit de cilinder te duwen)

De proefopstelling moet gebruikt worden zoals in Fig. 4 om de krachten tussen de magneten te meten. De bovenste plaat moet omgedraaid worden vergeleken met het eerste experiment. De smalle aluminium staaf wordt gebruikt om de staafmagneet door de holle cilinder te duwen. De weegschaal meet de kracht (massa). De bovenplaat van de pers kan naar onder en naar boven verplaatst worden met de vleugelmoer.

Belangrijk: de vleugelmoer beweegt 2 mm als deze 360° wordt rondgedraaid.

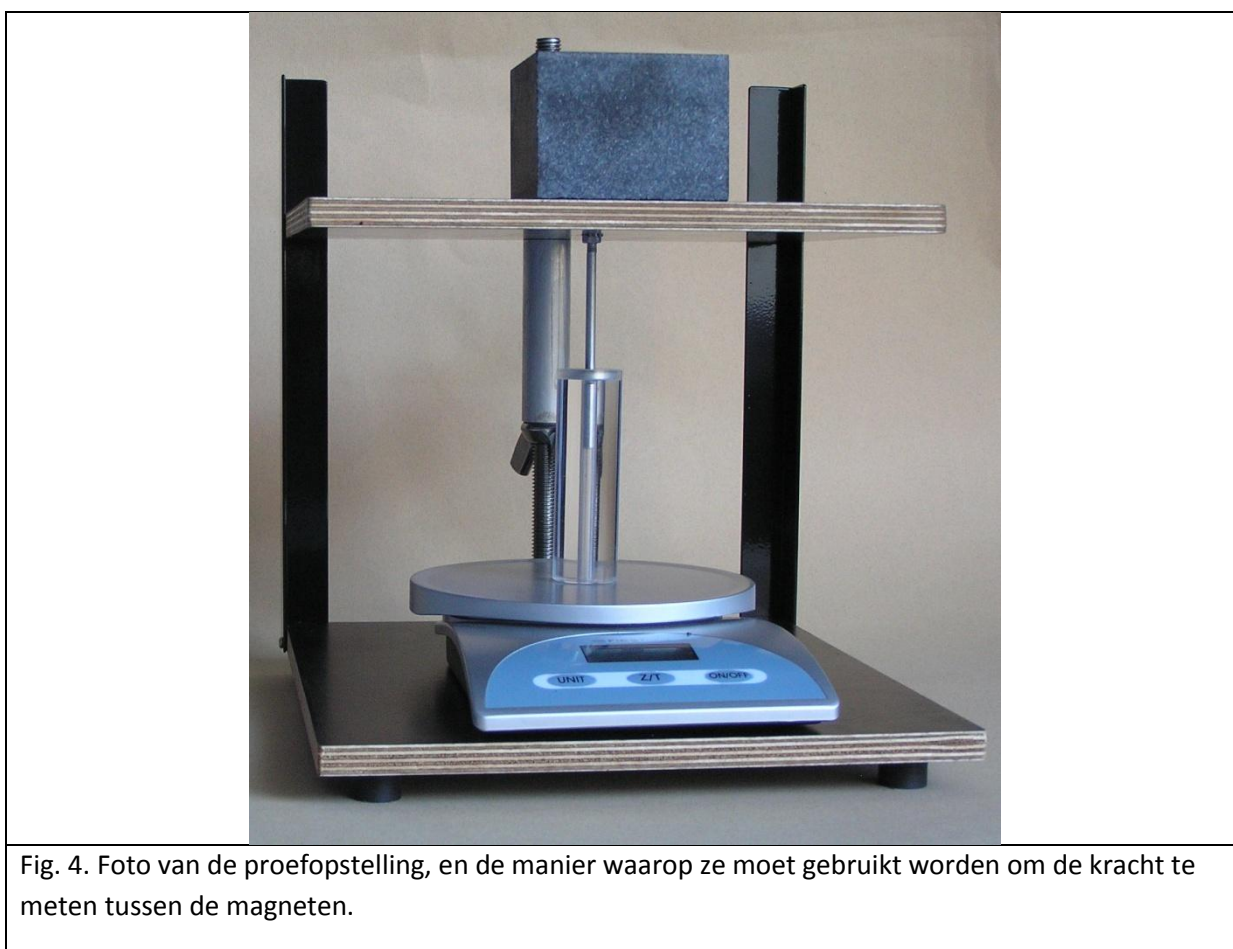


Fig. 4. Foto van de proefopstelling, en de manier waarop ze moet gebruikt worden om de kracht te meten tussen de magneten.

Opdrachten

1. Bepaal kwalitatief alle evenwichtsstanden tussen de twee magneten, ervan uitgaand dat de z-as horizontaal is, zoals in Fig. 2, en teken ze op je antwoordblad. Noem de evenwichtsstanden stabiel (S) / onstabiel (U), en kleur de gelijknamige polen zoals aangegeven bij één stabiele evenwichtsstand op het antwoordblad.
Je kunt deze opdracht doen met de hand en met een houten stokje. (2,5 punten)
2. Meet de kracht tussen beide magneten als functie van z door gebruik te maken van de proefopstelling. De positieve zin (richting) van de z-as wijst naar de binnenkant van de transparante cilinder, zie de pijl op het antwoordblad (de kracht is positief als ze in de positieve zin (richting) wijst). Noteer de magnetische kracht als $F_{\uparrow\uparrow}(z)$ wanneer de magnetische momenten in dezelfde zin (richting) wijzen, en de magnetische kracht als $F_{\uparrow\downarrow}(z)$ wanneer ze in de tegengestelde zin (richting) wijzen.

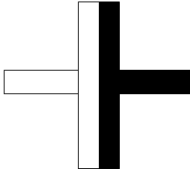
Belangrijk: Verwaarloos de massa van de staafmagneet (d.w.z. verwaarloos de zwaartekracht), en gebruik de symmetrie van de krachten tussen de magneten om verschillende delen van de kromme op te meten.

Als je één of meer symmetrieën vindt in de krachten, schrijf deze dan op je antwoordbladen.

Schrijf de meetresultaten op de antwoordbladen; teken naast elke tabel schematisch de bijbehorende configuratie van de magneten (een voorbeeld is gegeven). (3,0 punten)
3. Gebruik de meetresultaten van opdracht 2 om nauwkeurig de functie $F_{\uparrow\uparrow}(z)$ voor $z > 0$ op millimeterpapier te tekenen. Teken schematisch de vorm van de krommen $F_{\uparrow\uparrow}(z)$ en $F_{\uparrow\downarrow}(z)$ (langs de positieve en negatieve kant van de z-as). Geef op elke schematisch getekende grafiek de punten met stabiel evenwicht aan, en schets de bijbehorende configuratie van de magneten (zoals in opdracht 1). (4,0 punten)
4. Als we de massa van de staafmagneet niet verwaarlozen, ontstaan er dan kwalitatieve nieuwe stabiele evenwichtsstanden als de z-as verticaal is? Als dat zo is, geef deze dan aan op het antwoordblad zoals in opdracht 1. (0,5 punten)

Experiment 2 Antwoordbladen

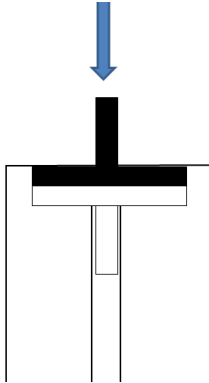
Country code	Student code

Opdr. 1		Points
	S U 	
	S U	
	S U	
	S U	
	S U	

Country code	Student code

Opdr. 1	Points
S U	
S U	
S U	
S U	
S U	

Country code	Student code

Opdr. 2	Points
Schrijf alle symmetrieën op die je vindt voor de kracht tussen de magneten:	
Configuratie:  Metingen:	

A Answer Sheets – Experimental Problem 2 – Magnets

4 / 8

Country code	Student code

Opdr. 2	Points

A Answer Sheets – Experimental Problem 2 – Magnets

5 / 8

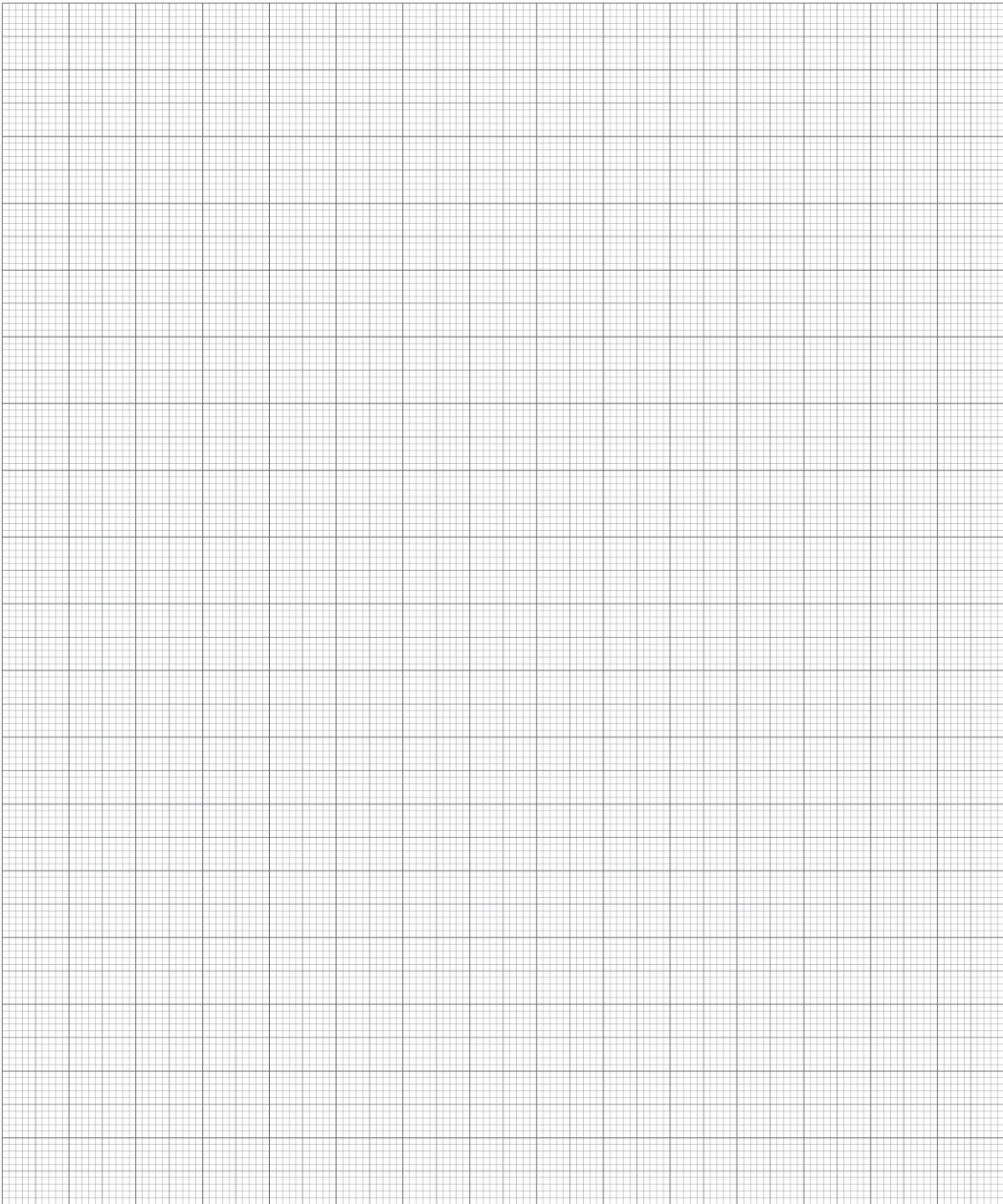
Country code	Student code

Opdr. 2	Points

A Answer Sheets – Experimental Problem 2 – Magnets

6 / 8

Country code	Student code

Opdr.3	Points
	

Country code	Student code

Opdr. 3	Points
Schematische (met de hand gemaakte) grafiek van $F_{\uparrow\uparrow}(z)$	
Schematische (met de hand gemaakte) grafiek van $F_{\uparrow\downarrow}(z)$	

Country code	Student code

Opdr. 4		Points
Totaal:		