



De 42^e Internationale Natuurkunde Olympiade
Bangkok, Thailand
Experimentele toets
Donderdag 14 juli 2011

Lees dit eerst:

1. Er zijn twee experimenten. Voor elk experiment wordt maximaal 10 punten toegekend.
2. De beschikbare tijd is vijf uur voor beide experimenten samen.
3. Gebruik alleen de ter beschikking gestelde middelen en bladen papier. Gebruik alleen de geleverde pen, gebruik geen potlood.
4. Schrijf je antwoorden op de antwoordbladen (**Answer sheets**) in de juiste hokjes. Gebruik een juist aantal significante cijfers. Vergeet niet de eenheden te noteren. Gedetailleerde uitwerkingen en berekeningen geef je op de werkbladen (**Writing sheets**).
Alle bladen zullen bij de beoordeling betrokken worden.
5. Als je werkbladen gebruikt:
 - Gebruik alleen de voorkant van het papier. Begin 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 eigen studentcode (**Student Code**).
 - Formuleer nauwkeurig. Gebruik zo min mogelijk tekst. Gebruik zo veel mogelijk vergelijkingen, getallen, symbolen, figuren en grafieken.
 - Zet een kruis over de pagina's die je niet bij het nakijken betrokken wilt zien. Neem ze niet op in je nummering.
6. Leg na afloop alle bladen, *per experiment*, in onderstaande volgorde:
 - Het antwoordblad (**Answer Sheet**).
 - Werkbladen die je wilt laten meetellen.
 - Bladen met grafieken die je mee wilt laten tellen.
 - Werkbladen (met kruis) die je niet wilt laten meetellen.Plaats alle ongebruikte bladen, grafiekpapier en de opgaven onderop.
7. Stop *alle bladen* samen in de geleverde enveloppe en laat ze achter op je tafel.
8. Het is niet toegestaan om *enig* papier en/of *iets* van het gebruikte practicum materiaal mee te nemen uit de examenruimte.

1. Elektrische blackbox: Capacitieve verplaatsingssensor.

Een condensator met capaciteit C is onderdeel van een zogenaamde relaxatie-oscillator. De frequentie f van de relaxatie-oscillator is afhankelijk van deze capaciteit en wordt gegeven door:

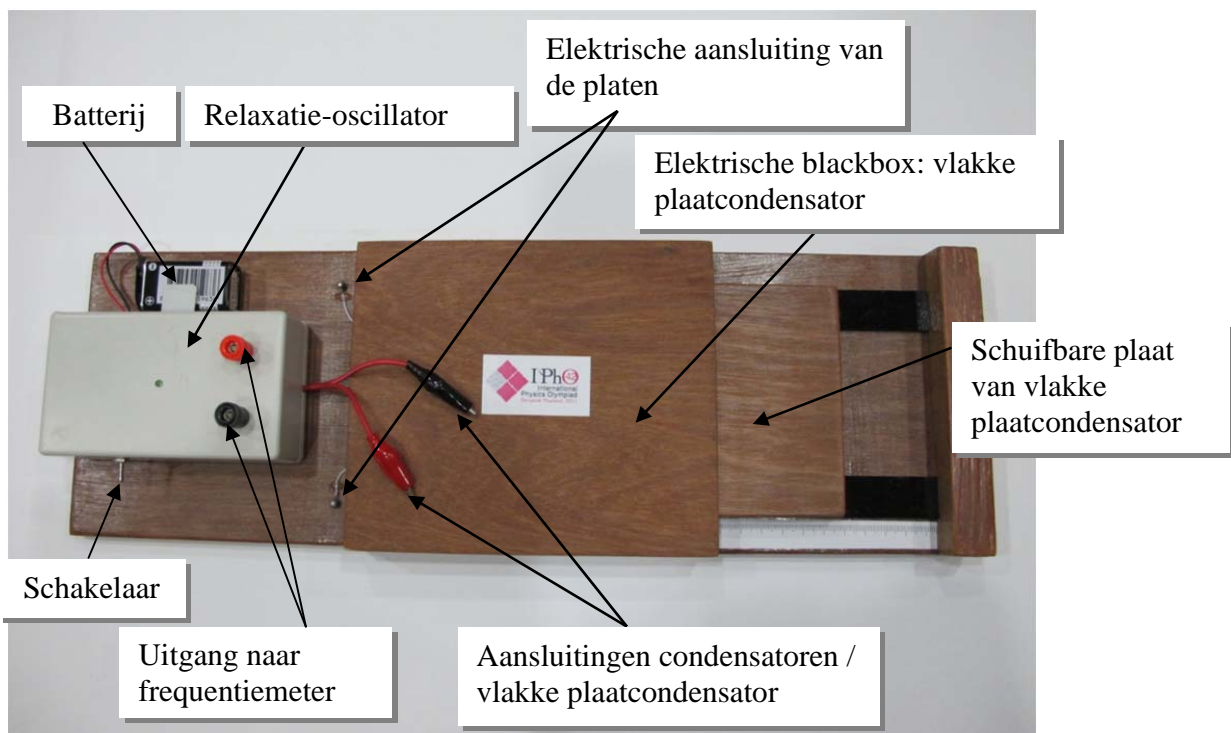
$$f = \frac{\alpha}{C + C_s}$$

Waarbij α een constante is en C_s de restcapaciteit is van de gebruikte schakeling. De frequentie f kan gemeten worden met behulp van een digitale frequentie meter.

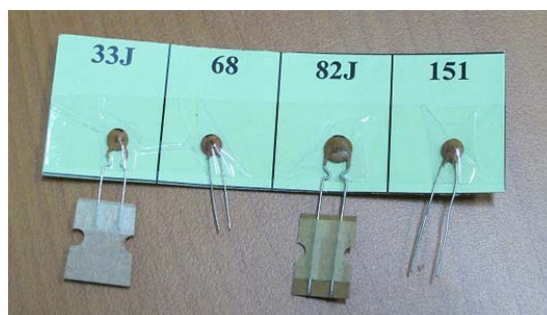
De elektrische blackbox in dit experiment is een vlakke plaatcondensator. Elke plaat bestaat uit een aantal kleine tanden van dezelfde geometrische vorm. De waarde van C kan gevarieerd worden door de bovenste plaat ten opzichte van de onderste plaat horizontaal te verplaatsen. Tussen deze twee platen bevindt zich een laag diëlektrisch materiaal.

Apparatuur: Een relaxatie-oscillator, een digitale multimeter om de frequentie te meten van de relaxatie-oscillator, een aantal condensatoren met bekende capaciteiten, een elektrische blackbox en een batterij.

Let op: Controleer de spanning van de batterij. Vraag naar een andere als de spanning lager is dan 9V.



Figuur 1



Figuur 2 : Bijgeleverde condensatoren



De positie voor frequentie metingen

Figuur 3: Digitale multimeter voor het meten van frequenties

TABEL 1 Nominale Capaciteitswaarden

Code	Capaciteit (pF)
33J	34 ± 1
68	68 ± 1
82J	84 ± 1
151	150 ± 1

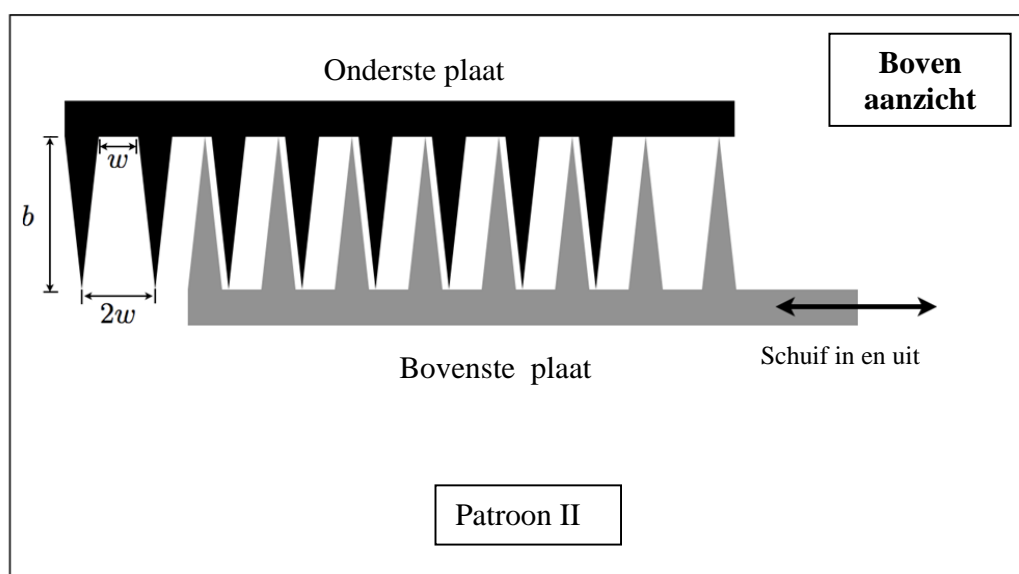
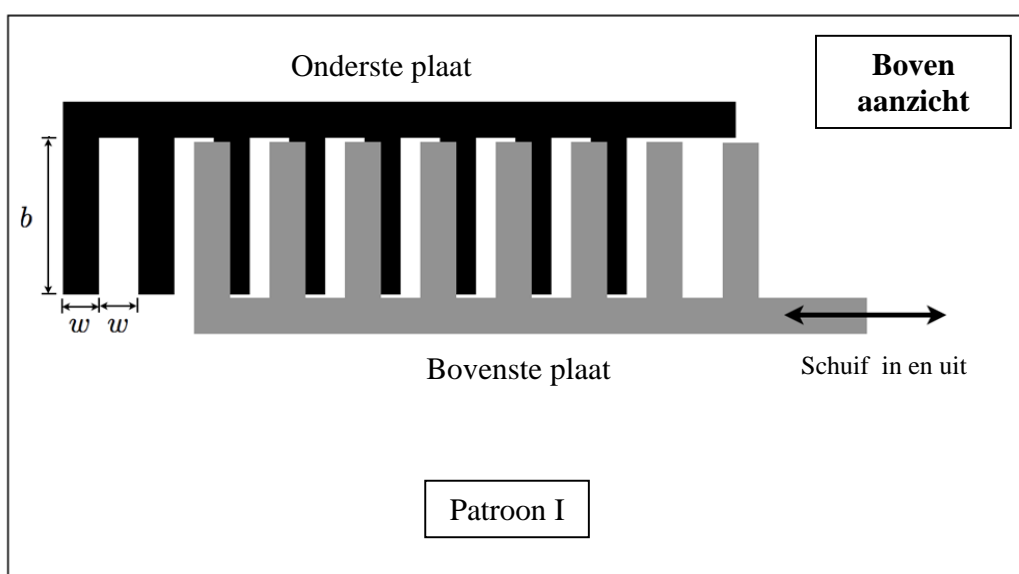
Deel 1. IJking

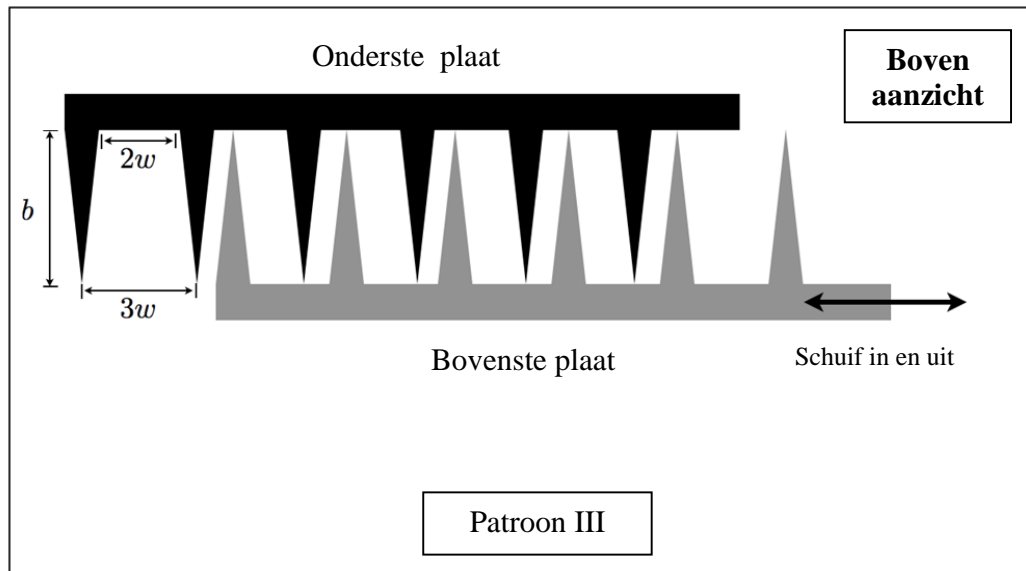
[3,0 punten]

Meet f voor verschillende waarden van C door goed gebruik te maken van de beschikbare condensatoren met bekende capaciteit. Teken een geschikte grafiek en bepaal daarmee α en C_s . Een foutenanalyse wordt niet gevraagd.

Deel 2. Bepalen van de geometrische vorm van de vlakke plaatcondensator. [6,0 punten]

De drie mogelijke geometrische vormen Patroon I, Patroon II en Patroon III, staan hieronder:





Elk van de bovenstaande patronen geeft een specifieke grafiek van C als functie van de positie van de bovenste plaat. Maak voor elk patroon een kwalitatieve schets van de grafiek die je bij dat patroon verwacht, geef daarbij op de x -as een zinvolle schaalverdeling.

Voer vervolgens metingen uit van f als functie van de positie van de bovenste plaat. Maak daarna een grafiek waaruit de geometrische vorm van de vlakke plaatcondensator afgeleid kan worden. Bepaal tevens de waarden van b en w .

De afstand (d) tussen de bovenste en onderste plaat is 0,20 mm. Het diëlektrisch materiaal tussen de platen heeft een diëlektrische constante (relatieve permittiviteit) $\epsilon_r = 1,5$. De permittiviteit in vacuüm is $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$. Een foutenanalyse wordt niet gevraagd.

Deel 3 Resolutie van de digitale schuifmaat

[1,0 punten]

Door de positie van de bovenste vlakke plaat te variëren, verandert de capaciteit met een zekere regelmaat. Deze opstelling kan dus gebruikt worden als een digitale schuifmaat om lengtemetingen uit te voeren. Maak een schatting van de resolutie (de kleinste afstand die gemeten kan worden) van deze “schuifmaat” bij een frequentie $f \approx 5 \text{ kHz}$ door gebruik te maken van de meetgegevens uit deel 2. Een foutenanalyse voor het eindantwoord wordt niet gevraagd.

Student Code -



ANTWOORDENBLAD

Deel 1. IJking

$\alpha =$

$C_s =$

Deel 2. Bepaling van de geometrische vorm van de vlakke plaatcondensator

PATROON I: De verwachte grafiek van C als functie van de positie van de bovenste plaat

PATROON II: De verwachte grafiek van C als functie van de positie van de bovenste plaat

Student Code -



PATROON III: De verwachte grafiek van C als functie van de positie van de bovenste plaat

De geometrische vorm van de vlakke plaatcondensator is volgens het experiment:

Patroon I Patroon II Patroon III

$b =$

$w =$

Deel 3. Resolutie van digitale schuifmaten

De kleinste afstand die bij een frequentie van $f \approx 5$ kHz gemeten kan worden, is

2. Een mechanische blackbox: een balletje in een cilinder

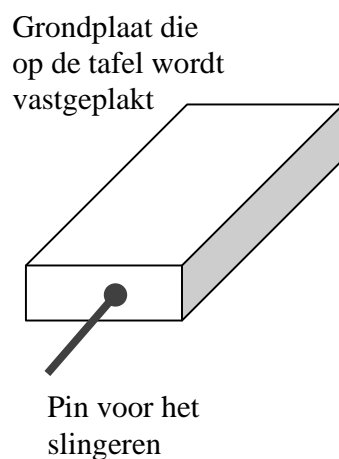
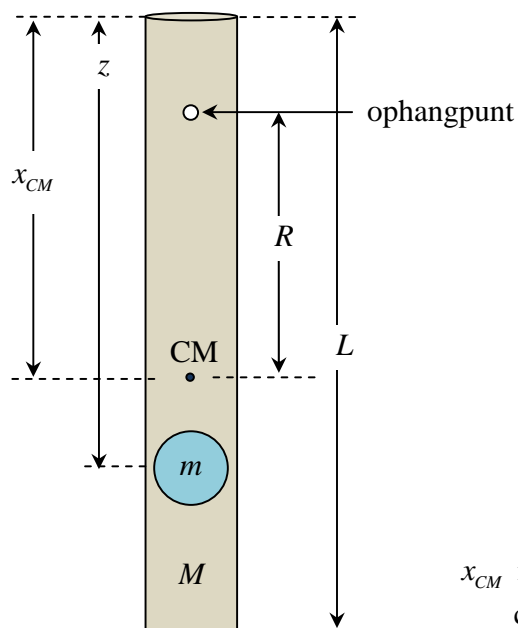
Een lange holle cilinder heeft een massa M . In deze cilinder, op een afstand z gemeten vanaf de bovenkant, is een massief balletje met massa m vastgezet. Zie onderstaande figuur.

In de cilinder zit een rij gaten die loodrecht op de centrale as van de cilinder staan. Deze gaten dienen als ophangpunt zodat de cilinder kan slingeren in een verticaal vlak.

Voer de noodzakelijke en niet destructieve metingen uit om de numerieke waarden te bepalen van de volgende grootheden met hun bijbehorende meetonzekerheden (meetfouten):

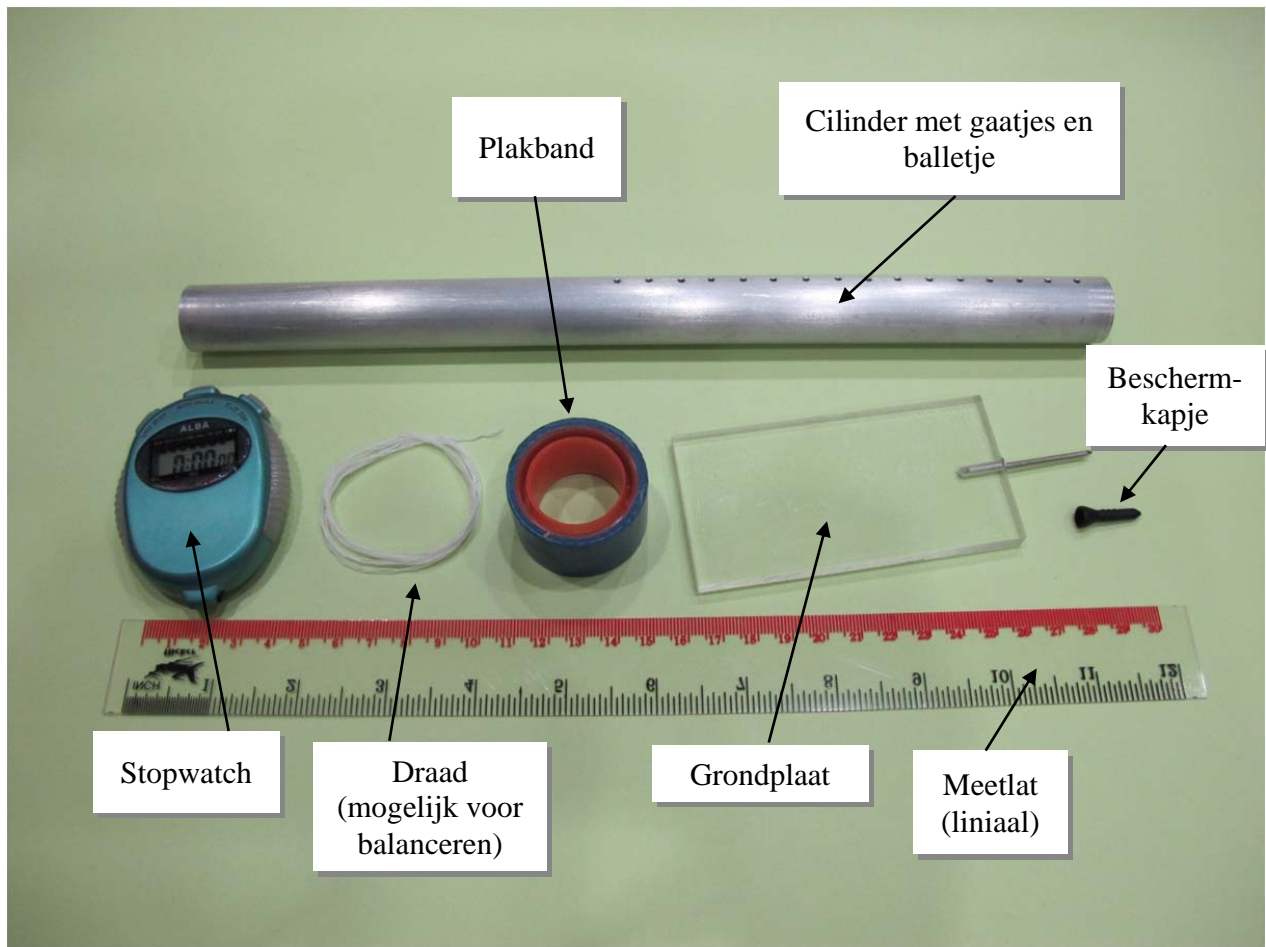
- i. De positie van het massamiddelpunt x_{CM} van de cilinder met balletje.
 Geef ook een schets van je meetopstelling voor het bepalen van het massamiddelpunt. [1,0 punten]
- ii. De afstand z . [3,5 punten]
- iii. De verhouding $\frac{M}{m}$. [3,5 punten]
- iv. De valversnelling g . [2,0 punten]

Apparatuur: een cilinder met gaatjes en balletje, een grondplaat met een dunne pin, een beschermkapje voor de pin, een meetlat (liniaal), een stopwatch, draad, een pen en plakband.



x_{CM} is de afstand gemeten vanaf de bovenkant van de cilinder tot aan het massamiddelpunt.

R is de afstand van het ophangpunt tot het massamiddelpunt.



Opgepast: De dunne pin is scherp. Doe voor de veiligheid het bijhorende beschermkapje op de pin als je deze niet gebruikt.

Nuttige informatie:

1. Voor deze fysische slinger geldt: $\{(M + m)R^2 + I_{CM}\} \frac{d^2\theta}{dt^2} \approx -g(M + m)R\theta$, waarbij I_{CM} het traagheidsmoment van de cilinder met balletje is voor de rotatieas (loodrecht op de centrale as) door het massamiddelpunt en θ de uitwijkingshoek.
2. Het traagheidsmoment ten opzichte van het massamiddelpunt van een holle cilinder met lengte L en massa M , met de rotatieas loodrecht op de centrale as van die cilinder kan in dit geval benaderd worden met $\frac{1}{3}M\left(\frac{L}{2}\right)^2$
3. Het parallelle assen theorema (Stelling van Steiner): $I = I_{\text{centre of mass}} + \mathfrak{M}x^2$ met x de afstand van de rotatieas tot het massamiddelpunt en \mathfrak{M} de massa van het voorwerp.
4. Beschouw het balletje als een puntmassa die zich op de centrale as van de cilinder bevindt.
5. Neem aan dat de cilinder (zonder balletje) een homogene massaverdeling heeft en dat de massa van de afsluitkapjes verwaarloosbaar is.

Student Code -



ANTWOORDENBLAD

Schets van de experimentele opstelling voor het bepalen van het massamiddelpunt

De positie van het massamiddelpunt x_{CM} is

$z =$

$\frac{M}{m} =$

$g =$
