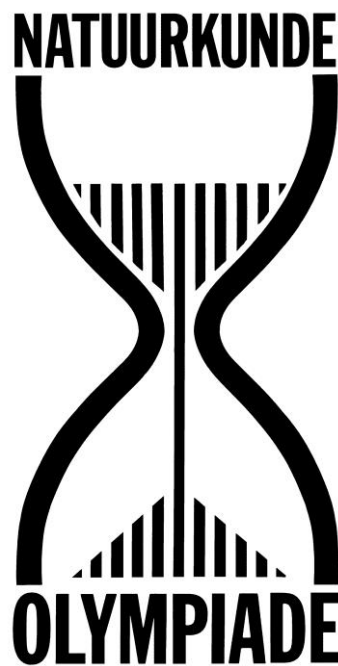


NATUURKUNDE OLYMPIADE

EINDRONDE 2015

PRACTICUMTOETS



Opmerkingen

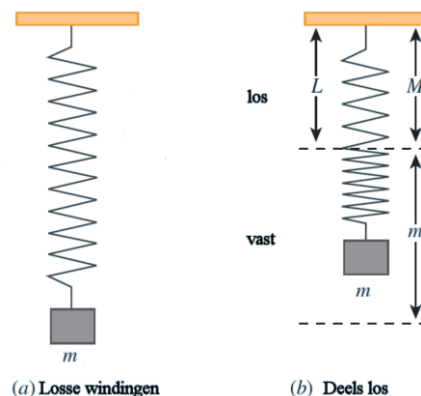
1. Schrijf bovenaan elk papier je naam.
2. Nummer elke bladzijde.
3. Schrijf op de eerste pagina het totale aantal bladen dat je inlevert.

Veren beter bekeken

Inleiding

Een veer is een simpel apparaat, lijkt het. Zijn uitrekking en trekkraft niet gewoon evenredig? Als je beter kijkt, blijkt er wel meer te zeggen over veren.

Ten eerste zitten de windingen in eerste instantie gewoon tegen elkaar aan. Je hebt dus een minimale kracht nodig om de windingen van elkaar te trekken, dit heet ook wel de voorspanning van de veer. Verder hebben de windingen zelf ook massa en als je de veer laat hangen, trekken de onderste windingen dus aan de bovenste. Dat levert bij een aantal veren bij in kleine stapjes er steeds meer gewicht aan hangen de volgende situaties op:



1. Van nul tot een kleine kracht blijven de windingen gewoon op elkaar
2. Dan is er een gebied (zie b) waarin sommige windingen van elkaar af zijn en andere nog niet
3. Dan volgt het gebied (zie a) waar de windingen van elkaar af zijn en wat we van de theorie kennen van $F = -cu$.

Stel de lengte van de veer met de windingen op elkaar is L_0 . De massa van de veer zelf noemen we M . De uitrekking van de veer met gewicht er aan noemen we u . De massa die we aan de veer hangen noemen we m . Verder is f de veerconstante van een lengte-eenheid veer. De kracht waarmee je de veer moet belasten om de windingen van elkaar af te krijgen, noemen we F_0 .

Wat de uitrekking doet in situatie 1 is duidelijk.

Opdrachten

Nodig:

Veer, statief om veer op te hangen, meetlat, paperclips (grote). Er zijn balansen aanwezig.

Voor de veer in situatie 3 geldt: $u = \frac{L_0}{f} \left(\frac{Mg}{2} - F_0 + mg \right)$.

- a. Laat zien dat dit een redelijke aanname is. (2pt)

Voor de veer in situatie 2 geldt, dat niet alleen het uitrekken van de losse windingen speelt, maar ook het loskomen van de windingen die nog aan elkaar zitten.

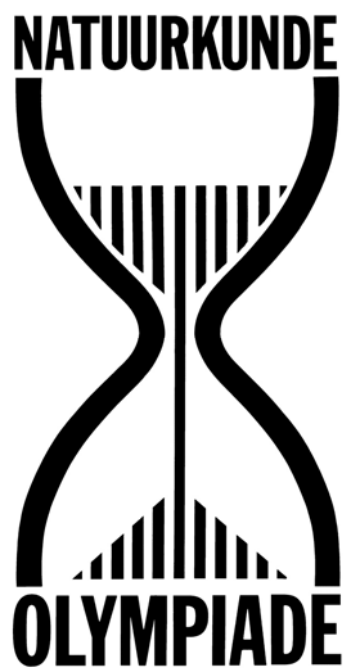
- b. Bepaal door middel van metingen f en F_0 . (10pt)
- c. Bepaal in welk gebied situatie 2 geldt. (2pt)
- d. Onderbouw met een redenering wat voor soort verband er in gebied 2 geldt en toon dat met behulp van metingen aan. (6pt)



NATUURKUNDE OLYMPIADE

EINDRONDE 2015

PRAKTIKUMTOETS



Opmerkingen

1. Schrijf bovenaan elk papier je naam.
2. Nummer elke bladzijde.
3. Schrijf op de eerste pagina het totale aantal bladen dat je inlevert.
4. Voor foutenbeschouwingen worden geen punten gegeven. Er wordt wel van je verwacht dat je het juiste aantal significante cijfers gebruikt.

Black Box

Inleiding

In de black box met drie aansluitpunten zijn twee verschillende condensatoren C_1 en C_2 en een weerstand R in een stervorm geschakeld.

Materialen

Je hebt de beschikking over de volgende materialen:

- Een aluminium doosje (black box) met drie aansluitpunten blauw, geel en groen.
- Een functiegenerator. (Wisselspanning met in te stellen frequentie.)
- 2 multimeters waarmee stroom en spanning gemeten kunnen worden. De werking van de multimeters wordt als bekend verondersteld. (De aansluiting van de 10A is in dit experiment niet nodig.)
- Verschillende snoertjes om een schakeling te kunnen maken.

Opdrachten

- 1 Geef schematisch aan wat voor schakelschema je gaat gebruiken om metingen aan de black box te doen. Laat hierin ook de volt- en ampèremeter zien.
- 2 Bepaal door het uitvoeren van maximaal 6 metingen (6 stroom-spanning combinaties) hoe de twee condensatoren en de weerstand in de black box geschakeld zijn. Geef hierbij duidelijk aan hoe je te werk gaat! Geef het duidelijk aan op het antwoordblad.
- 3 Bepaal (eventueel m.b.v. extra metingen) de capaciteit van de twee condensatoren C_1 en C_2 en de weerstandswaarde van weerstand R . Geef daartoe allereerst aan of je op grond van de metingen een schatting kan maken van de waarden. Geef daarnaast ook duidelijk aan op wat voor manier je te werk gaat.

Opmerkingen

- Er mag over de black box geen spanning groter dan 3 Volt staan.
- Je mag de multimeters niet als Ohmmeter gebruiken.
- Je mag enkel de drie frequenties 0,1, 1 en 10 kHz gebruiken.

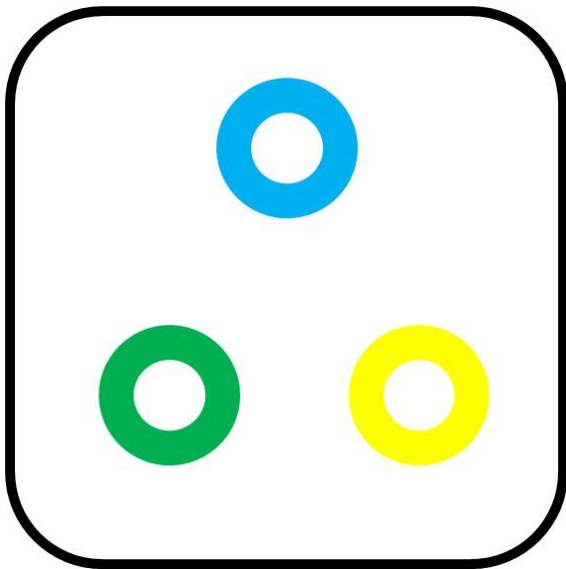
Natuurkunde Olympiade Eindronde 2015
Praktikumtoets Black box



NAAM:

Opdracht 1: Schakelschema voor de metingen

Opdracht 2: Schakeling



Opdracht 3

Bepaling waarden

$$C_1 = \quad F$$

$$C_2 = \quad F$$

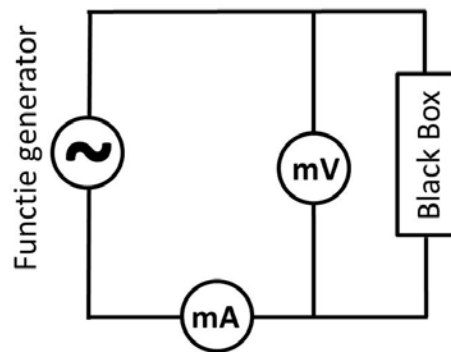
$$R = \quad \Omega$$

Natuurkunde Olympiade Eindronde 2015

Praktikum toets Black box uitwerking

Opdracht 1

Met de materialen kan de onderstaande (schematische) opstelling gemaakt worden. De voltmeter kan ook direct op de uitgang van de FG geplaats worden. Controle van goed werkende schakeling kan d.m.v. het kortsluiten van de stroommeter (geen verandering spanning) of het loskoppelen van de spanningsmeter (geen verandering stroom).

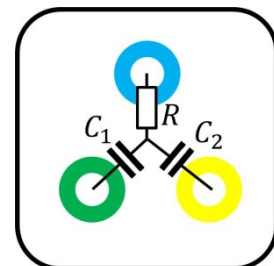


Opdracht 2

Omdat de drie componenten in een stervorm in de blackbox zijn geschakeld, moet uitgevonden worden aan welk aansluitpunt (groen, blauw, geel) de weerstand is bevestigd. Het gedrag aan de andere twee aansluitpunten zal dan puur capacitatief zijn, oftewel de impedantie is dan omgekeerd evenredig met de frequentie. We meten daarom paarsgewijs bij 2 frequenties de impedantie:

aansluitpunten (kleur)	f (kHz)	U (mV)	I (mA)	Z (Ω)
groen – blauw	0,10	1638	0,09	18200
	10	1479	5,04	293
blauw – geel	0,10	1620	0,23	7043
	10	1476	5,83	253
geel – groen	0,10	1664	0,07	23771
	10	1505	6,53	230

Alleen bij de metingen van aansluiting geel – groen is te zien dat als de frequentie 100 maal zo groot is geworden, de impedantie 100 maal zo klein is. Tussen deze aansluitpunten zijn de twee condensatoren dus in serie geschakeld. De weerstand is dus verbonden aan het blauwe aansluitpunt. In de tekening wordt dit dus zoals hiernaast.



Opdracht 3

We breiden de metingen uit met metingen van 1 kHz. Dat geeft de volgende tabel:

aansluitpunten (kleur)	f (kHz)	U (mV)	I (mA)	Z (Ω)
groen – blauw	0,10	1638	0,09	18200
$R + C_1$	1,0	1636	0,94	1740
Z_1	10	1479	5,04	293
blauw - geel	0,10	1620	0,23	7043
$R + C_2$	1,0	1625	2,12	767
Z_2	10	1476	5,83	253
geel – groen	0,10	1664	0,07	23771
$C_1 + C_2$	1,0	1663	0,66	2520
Z	10	1505	6,53	230

Schattingen

Een eerste analyse van de metingen geeft al de nodige informatie.

Bij hoge frequenties hebben de condensatoren een relatief kleine impedantie. Te zien is dat bij de hoogste frequentie (10 kHz) de impedanties van de C_1 en C_2 in serie met R vrijwel gelijk zijn. De impedantie wordt dan dus vrijwel volledig bepaald door de weerstand R . De heeft dus een waarde in de orde van 250 Ω .

Bij de hoge frequenties worden grote impedanties gevonden. In dezelfde serie schakelingen als net wordt de impedantie dus vrijwel volledig bepaald door de condensator. Met $Z = 1/2\pi f C$ is gemakkelijk de capaciteit te bepalen. Voor C_1 wordt dan 0,1 μF en voor C_2 0,2 μF gevonden.

Eerste oplossingsmethode

We bekijken eerst bij DEZELFDE frequentie naar de impedanties.

Tussen de gele en groene aansluiting staan de twee condensatoren in serie. Voor de impedantie geldt:

$$Z = \frac{1}{2\pi f C_1} + \frac{1}{2\pi f C_2} \quad [1]$$

Tussen de blauwe en groene aansluiting staan de weerstand R en de condensator C_1 in serie. Voor deze impedantie Z_1 geldt:

$$Z_1^2 = R^2 + \left(\frac{1}{2\pi f C_1}\right)^2 \quad [2]$$

Tussen de blauwe en gele aansluiting staan de weerstand R en de condensator C_2 in serie. Voor deze impedantie Z_2 geldt:

$$Z_2^2 = R^2 + \left(\frac{1}{2\pi f C_2}\right)^2 \quad [3]$$

Deze drie vergelijkingen kunnen opgelost worden om zodoende vergelijkingen voor C_1 en C_2 te krijgen die alleen afhankelijk zijn van meetbare grootheden. Trek daartoe eerst [3] van [2] af en gebruik [1] om C_2 te elimineren. Dit levert:

$$\frac{1}{C_1} = \frac{\pi f}{Z} (Z^2 + Z_1^2 - Z_2^2) \quad [4]$$

Op precies dezelfde wijze volgt voor de andere condensator:

$$\frac{1}{C_2} = \frac{\pi f}{Z} (Z^2 - Z_1^2 + Z_2^2) \quad [5]$$

Als de waarden voor C_1 en C_2 bekend zijn kan in principe m.b.v. [2] of [3] de weerstandswaarde voor R bepaald worden. Dan ontstaat de volgende tabel:

f (kHz)	C_1 (μF)	C_2 (F)	R (Ω)
0,10	0,0894	0,267	3750
1,0	0,0912	0,205	ERROR
10	0,0976	0,236	244

Wat hieraan opvalt is dat de waarden voor de condensatoren overeenstemmen met de schattingen in het eerdere onderdeel. Echter de bepaling van de weerstand R gaat bij de twee lagere frequenties niet goed. Dit is met vergelijking [2] en [3] in te zien: Omdat daar de waarde van de weerstand klein is ten opzichte van de impedantie van de condensator. De beste bepaling volgt dus uit de metingen van 10 kHz.

Tweede oplossingsmethode

Door de gele en groene aansluiting met elkaar te verbinden ontstaat een schakeling met een weerstand in serie met condensator met een waarde van $C_1 + C_2$. Door bij twee verschillende frequenties f_A en f_B de impedantie te meten, kan de weerstand R bepaald worden:

$$Z_A^2 = R^2 + \left(\frac{1}{2\pi f_A (C_1 + C_2)} \right)^2 \quad [6]$$

En evenzo:

$$Z_B^2 = R^2 + \left(\frac{1}{2\pi f_B (C_1 + C_2)} \right)^2 \quad [7]$$

Uit [6] en [7] kan $C_1 + C_2$ worden geëlimineerd. Eerst beide kanten van beide vergelijkingen vermenigvuldigen met $(2\pi f)^2$ en vervolgens de vergelijkingen van elkaar aftrekken. Dan blijft over:

$$4\pi^2 f_A^2 Z_A^2 - 4\pi^2 f_B^2 Z_B^2 = (4\pi^2 f_A^2 - 4\pi^2 f_B^2) R^2 \quad [8]$$

Herschreven levert dat op:

$$R^2 = \frac{f_A^2 Z_A^2 - f_B^2 Z_B^2}{f_A^2 - f_B^2} \quad [9]$$

Aansluitpunten	f (kHz)	U (mV)	I (mA)	Z (Ω)
$R + C_1 // C_2$	0,10	1646	0,32	5144
	1,0	1650	2,85	579
	10	1498	5,94	252

Er kan nu drie maal de waarde van R middels [9] bepaald worden, door eerst 0,1 kHz met 1 kHz te gebruiken, daarna de 0,1 kHz en 10 kHz en als laatste 1 kHz en 10 kHz. Daar volgt uit resp.: 267, 247 en 247 Ω .