

Nationale Natuurkunde Olympiade

Eerste ronde 2017

Beschikbare tijd: 2 klokuren

Lees dit eerst!

OPGAVEN VOOR DE EERSTE RONDE VAN DE NEDERLANDSE NATUURKUNDE OLYMPIADE 2017

Voor je liggen de opgaven van de eerste ronde. Deze toets is gesplitst in twee delen: een deel met 15 meerkeuzevragen en een deel met 4 open vragen.

De totale tijd die je voor het maken van de toets krijgt is 2 klokuren.

Elke meerkeuzevraag levert bij goede beantwoording **2 punten** op.

Elke open vraag levert bij goede beantwoording **5 punten** op.

Je kunt in totaal dus **50 punten** behalen.

Voor de meerkeuzevragen geldt het volgende:

- Er is slechts één antwoord goed. Staat volgens jou het goede antwoord er niet bij, kies dan wat er, volgens jou, het dichtste bij ligt.
- Vul je antwoorden in op het bijgevoegde antwoordenblad. Uitsluitend dit antwoordenblad wordt gebruikt om je score voor de meerkeuzevragen vast te stellen.

Voor de open vragen geldt het volgende:

- Noteer niet uitsluitend antwoorden, maar ook je redeneringen, de formules die je gebruikt hebt en je berekeningen. Ook voor gedeeltelijk uitgewerkte vragen kun je punten krijgen.
- Maak elke opgave op een **apart blad**.
- Noteer op **elk blad** je naam en de naam van je school.

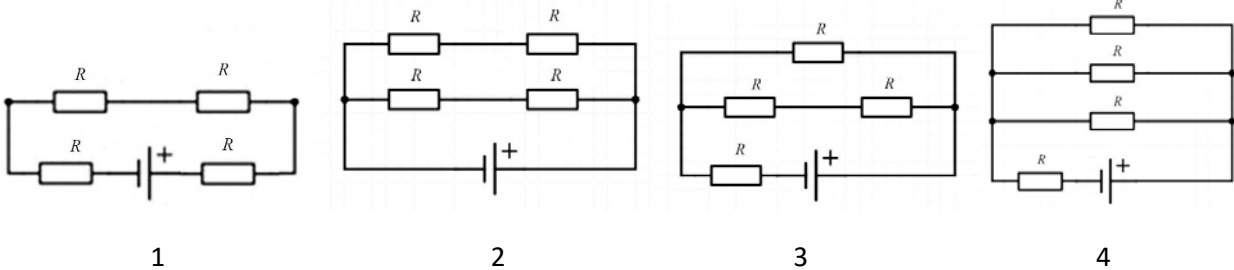
Je mag van het BiNaS-boek en een (grafische) rekenmachine gebruik maken.

Veel succes!

Deze opgaven zijn samengesteld door: Jan Hoekstra, Hans Jordens, Enno van der Laan, Koert van der Lingen, Ad Mooldijk, Freek Pols, Pieter Smeets en Sander Velthuis.

MEERKEUZEVRAGEN

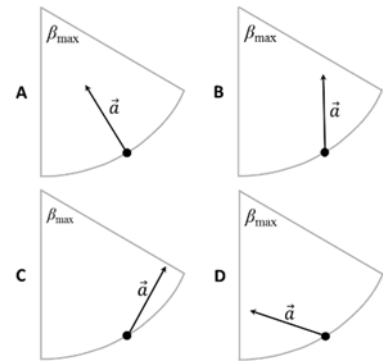
- 1 Hieronder staan vier verschillende schakelingen die elk zijn opgebouwd uit vier weerstanden met allemaal dezelfde waarde. Ook de vier spanningsbronnen zijn identiek.
- Rangschik de door de spanningsbronnen geleverde stroomsterktes in volgorde van afnemende grootte.



- A $I_4 > I_2 > I_3 > I_1$
 B $I_2 > I_4 > I_3 > I_1$
 C $I_2 > I_3 > I_1 > I_4$
 D $I_4 > I_3 > I_2 > I_1$

- 2 Een aan een touw opgehangen bol slingert heen en weer.
- Welk van de plaatjes geeft het best de versnelling van de bol weer als deze halverwege zijn uiterste stand is?

- A plaatje A
 B plaatje B
 C plaatje C
 D plaatje D



- 3 Een veer heeft een veerconstante C en een onbelaste lengte l_0 . Men hangt een massa m aan de veer en stapt in een lift. De lift gaat omhoog bewegen met versnelling a .

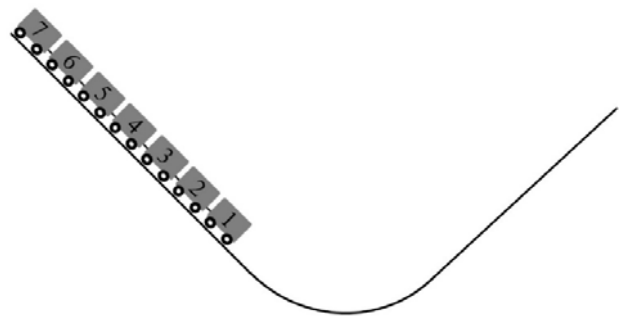
- Wat wordt de lengte van de veer in de lift tijdens het omhoog versnellen?

- A $m \left(\frac{a}{g} \right) + l_0$
 B $m \left(\frac{g}{a} \right) + l_0$
 C $m \frac{(g+a)}{c} + l_0$
 D $m \frac{(g-a)}{c} + l_0$

- 4 Op een achtbaan rijdt een treintje van zeven identieke aan elkaar gekoppelde karretjes. De inzittenden in elk karretje hebben gelijke massa. De karretjes rijden door een symmetrische baan en we verwaarlozen de wrijving.

- Welk karretje gaat met de grootste snelheid door het laagste punt?

- A Het eerste karretje.
 B Het vierde karretje.
 C Het laatste karretje.
 D Ze gaan allemaal met dezelfde snelheid door het laagste punt.



5 Hieronder staan twee beweringen die je als waar mag beschouwen.

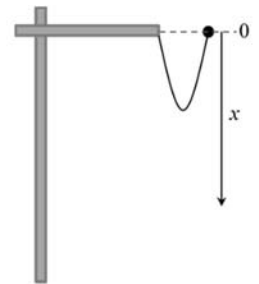
I De energie van een foton met frequentie f wordt gegeven door $E = hf$ met h de constante van Planck.

II De impuls van een foton met golflengte λ wordt gegeven door $p = \frac{h}{\lambda}$ met h de constante van Planck.

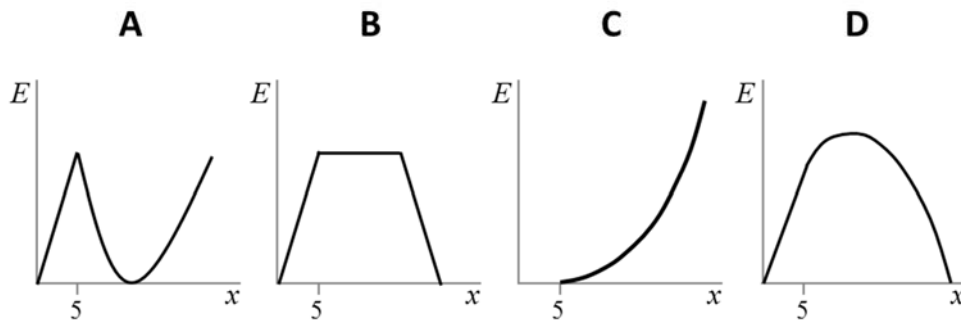
► Welk van de onderstaande uitdrukkingen stelt op grond van de twee bovenstaande beweringen de lichtsnelheid c voor?

- A $c = \frac{E}{p}$
- B $c = \frac{p}{E}$
- C $c = \frac{E^2}{p^2}$
- D $c = \frac{p^2}{E}$

6 De figuur toont een kogeltje aan een elastisch koord dat niet uitgerekt 5,0 dm lang is. De andere kant van het koord zit stevig aan een statief vast. Het kogeltje wordt losgelaten op hoogte 0 en valt in de x -richting.



► Welk diagram geeft het beste het verloop weer van de kinetische energie als functie van de valafstand x ?



7 Twee satellieten bewegen zich op verschillende afstanden tot de aarde in cirkelbanen. Satelliet 1 bevindt zich op een hoogte van 300 km. Satelliet 2 bevindt zich op de hoogte van 600 km.

► Wat geldt er voor de verhouding van de twee op deze satellieten werkende middelpuntzoekende krachten?

- A $F_{\text{mpz},1}/F_{\text{mpz},2} < 2$
- B $F_{\text{mpz},1}/F_{\text{mpz},2} = 2$
- C $F_{\text{mpz},1}/F_{\text{mpz},2} = 4$
- D $F_{\text{mpz},1}/F_{\text{mpz},2} > 4$

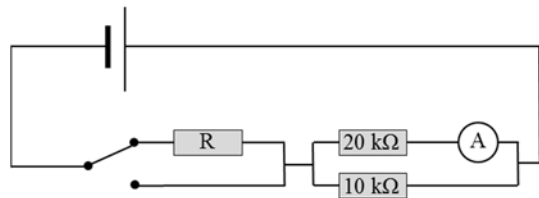
8 Peter beschikt over twee vloeistoffen A en B. De dichtheid van A is groter dan die van B. Peter maakt twee verschillende mengsels van deze twee vloeistoffen:

- mengsel C, bestaande uit 50 volume% A en 50 volume% B, en
- mengsel D, bestaande uit 50 massa% A en 50 massa% B.

► Welke uitspraken over de dichtheden van de mengsels C en D zijn correct? (Volumecontractie bij menging sluiten we uit.)

- A $\rho_C = (\rho_A + \rho_B)/2$ en $\rho_C < \rho_D$
- B $\rho_C = (\rho_A + \rho_B)/2$ en $\rho_C > \rho_D$
- C $\rho_D = (\rho_A + \rho_B)/2$ en $\rho_C < \rho_D$
- D $\rho_D = (\rho_A + \rho_B)/2$ en $\rho_C > \rho_D$

- 9 Zie het schakelschema hiernaast. Bij het omzetten van de schakelaar van de bovenste naar de onderste stand verdubbelt de stroom door de ampèremeter.



- Welke waarde geldt voor R ?

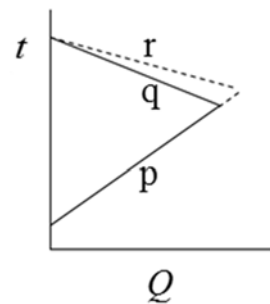
- A Deze is kleiner dan $10\text{ k}\Omega$.
 B Deze is $10\text{ k}\Omega$.
 C Deze is tussen $10\text{ k}\Omega$ en $20\text{ k}\Omega$.
 D Deze is $20\text{ k}\Omega$.

- 10 Twee identieke weerstanden met elk waarde R kunnen zowel met elkaar in serie als parallel aan elkaar worden geschakeld. De vervangingsweerstand van de serieschakeling (R_{serie}) is dan 4 x zo groot als de vervangingsweerstand van de parallelschakeling (R_{par}). Dus: $R_{\text{serie}}/R_{\text{par}} = 4$.

- Rik wil deze verhouding $R_{\text{serie}}/R_{\text{par}}$ kleiner dan 4 maken. Hoe moet hij dat doen?

- A Eén van de twee weerstanden met waarde R vervangen door een weerstand met een kleinere waarde dan R en met dit tweetal de serie- en parallelschakeling maken.
 B Eén van de twee weerstanden met waarde R vervangen door een weerstand met een grotere waarde dan R en met dit tweetal de serie- en parallelschakeling maken.
 C Eén van de beide in A en B genoemde methoden kiezen, aangezien beide methoden het gewenste resultaat opleveren.
 D Hij kan dit niet doen. Het is onmogelijk de waarde $R_{\text{serie}}/R_{\text{par}}$ kleiner dan 4 te laten worden.

- 11 Een brokje vaste stof A met hoge temperatuur is in een hoeveelheid vloeistof B met lage temperatuur gebracht, waardoor er warmte-uitwisseling plaatsvindt. Deze warmte-uitwisseling is in het diagram hiernaast met de getrokken lijnen p en q grafisch weergegeven, waarbij de tussen de beide stoffen uitgewisselde hoeveelheid warmte (Q) horizontaal, en de temperatuur (t) verticaal is uitgezet. Het proces wordt herhaald met één wijziging. In het daarbij behorende diagram vervalt lijn q en komt stippellijn r hiervoor in de plaats en moet lijn p al stippelend worden verlengd.



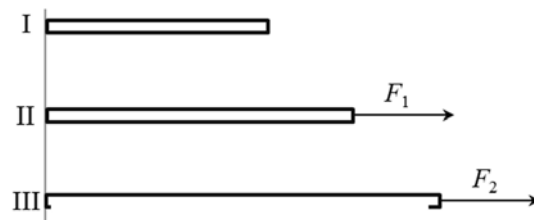
- Welke wijziging was in het tweede proces toegepast?

- A Er is uitgegaan van een grotere hoeveelheid van stof B.
 B Er is uitgegaan van een kleinere hoeveelheid van stof B.
 C Er is uitgegaan van een grotere hoeveelheid van stof A.
 D Stof A is vervangen door een even grote massa van stof C met een kleinere soortelijke warmte.

- 12 Een elastiekje (I) wordt 2 cm uitgerekt met een kracht F_1 (II). Het elastiekje wordt vervolgens op één punt doorgeknipt en opnieuw 2 cm uitgerekt met kracht F_2 (III). Aangenomen mag worden dat in beide situaties het verband tussen kracht en uitrekking recht evenredig is. De figuur is niet op schaal.

- Wat geldt er?

- A $F_1 = \frac{1}{4}F_2$
 B $F_1 = \frac{1}{2}F_2$
 C $F_1 = 2F_2$
 D $F_1 = 4F_2$



- 13 Een powerbank is een losse accu waarmee een smartphone kan worden opgeladen. Sommige powerbanks hebben zoveel vermogen dat ze een auto kunnen starten. Zie de figuur. De getoonde powerbank van 12 V heeft een capaciteit van 10 Ah. Voor het starten van de motor is een vermogen van 3,0 kW nodig. De gemiddelde startpoging duurt zo'n 3 seconden.

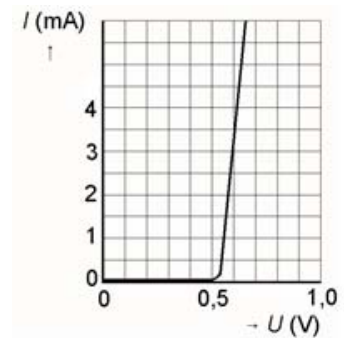
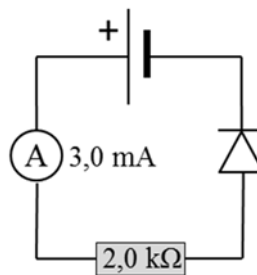


- Hoe veel startpogingen kunnen gedaan worden als je begint met een volledig opgeladen powerbank?
- A ongeveer 1 keer
 B ongeveer 3 keer
 C ongeveer 10 keer
 D ongeveer 50 keer

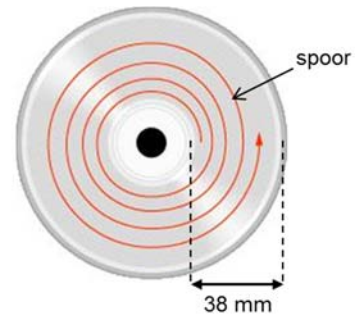
- 14 Van de diode die in de schakeling is opgenomen is de karakteristiek gegeven.

- Welke waarde heeft de spanning van de bron?

- A 0,6 V
 B 5,4 V
 C 6,0 V
 D 6,6 V

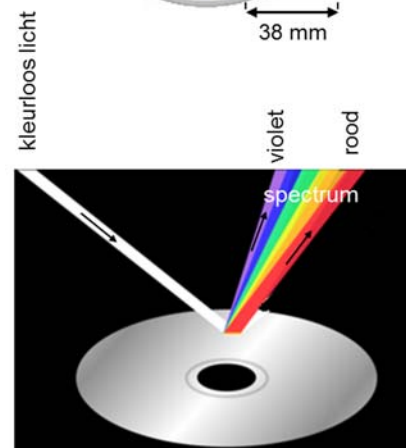


- 15 Om het spectrum van licht te onderzoeken kun je gebruik maken van een CD. Het spoor op de CD werkt als een reflectietralie. Het spoor past $25 \cdot 10^3$ keer naast elkaar op een breedte van 38 mm, schematisch weergegeven in de figuur. Een DVD is even groot als een CD, alleen past het spoor daar $50 \cdot 10^3$ keer naast elkaar.



- Hoe verandert de breedte van het spectrum tussen violet en rood (zie de andere figuur) als de CD vervangen wordt door de DVD?

- A De breedte van het spectrum blijft hetzelfde.
 B Het spectrum wordt ongeveer twee keer zo breed.
 C Het spectrum wordt ongeveer twee keer zo smal.
 D Het spectrum verdwijnt; de DVD werkt als spiegel.



OPEN VRAGEN

1 Schommels

Hiernaast zie je een ouderwetse kermisattractie, een zogenaamde luchtschommel. Je ziet op de foto dat er uitzwaaien van meer dan 90° mogelijk zijn. Dat kan omdat de schuitjes zijn opgehangen aan ijzeren stangen. Met een 'gewone' schommel, opgehangen aan touwen (of kettingen), kan dat niet. Na het bereiken van het hoogste punt zou je dan een stukje verticaal naar beneden vallen totdat de touwen weer strak zouden komen te staan.



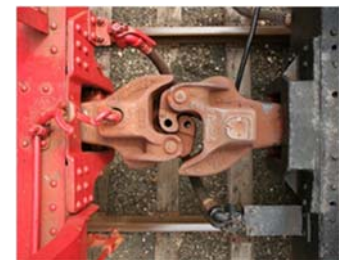
Maar als je een 'gewone' schommel zó construeert dat hij ook over de kop kan gaan, dan doorloopt hij bij een voldoende hoge beginsnelheid in het laagste punt een volledige cirkelbaan waarbij de touwen voortdurend strak gespannen zijn. Natuurlijk kan zo'n ouderwetse luchtschommel ook over de kop met voldoende beginsnelheid in de onderste stand, mits de constructie dat toestaat.

We vergelijken een 'gewone' schommel en zo'n ouderwetse luchtschommel met elkaar. Beiden zijn zó geconstrueerd dat ze in principe volledig over de kop kunnen gaan. Voor beide stellen we de lengte (dus de afstand van ophangpunt tot zwaartepunt) op 4,5 meter. De **minimaal** benodigde beginsnelheid om de gewone schommel over de kop te laten gaan noemen we v_{touw} , die van de luchtschommel v_{stang} .

- Bereken het verschil tussen deze twee snelheden, dus de waarde van $v_{\text{touw}} - v_{\text{stang}}$.

2 Goederentrein

Vanwege de grote vraag naar treinmachinisten heeft Leila besloten een opleiding tot machinist op een goederentrein te volgen. Tijdens de opleiding heeft ze geleerd dat als een trein vanuit stilstand in beweging komt het belangrijk is om de snelheid langzaam te vergroten. Met een te grote versnelling kunnen de spankrachten in de koppelingen zo groot worden dat de kans bestaat dat ze breken. Neem nu aan dat een locomotief met massa $M = 8,2 \cdot 10^4$ kg, tien identieke wagons trekt die elk een massa $m = 4,1 \cdot 10^4$ kg hebben. De wagons ondervinden tijdens het rijden elk apart een constante wrijvingskracht $F_w = 0,30 \cdot 10^4$ N terwijl de locomotief zelf een wrijvingskracht $F_L = 0,59 \cdot 10^4$ N ondervindt.



- Leg uit dat tijdens het rijden de grootste spankracht in de koppeling tussen locomotief en voorste wagon heerst. Geef daarvoor twee redenen.
- Bereken de maximale versnelling a_{max} van de trein als de maximaal toegestane spankracht in een koppeling $S_{\text{max}} = 1,1 \cdot 10^5$ N is.
- Het maximale vermogen van de locomotief is $P_{\text{max}} = 1,18$ MW. Bereken de maximale snelheid die deze trein kan halen.

3 Autoveren

In de wielophanging van een auto zijn veren gemonteerd die tijdens het rijden hobbels in de weg moeten opvangen. Door extra belading door de fietsen zakken die veren aan de achterzijde in, waardoor de auto (te) laag boven de weg kan komen te liggen, zie figuur 1.

figuur 1



figuur 2



Om dat op te lossen kan er in de hoofdveer van de auto een tweede, zogenaamde hulpveer worden gemonteerd. Zie figuur 2.

De auto in figuur 1 heeft aan de achterzijde twee hoofdveren met ieder een veerconstante van $1,7 \cdot 10^4 \text{ N m}^{-1}$. Door de belading is de achterkant 11 cm gezakt. Er worden twee hulpveren met een veerconstante van $6,8 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1}$ gemonteerd.

figuur 3



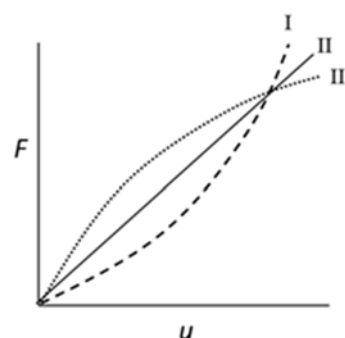
- a. Bereken hoeveel hoger de achterkant van de auto nu boven de weg ligt.

In auto's wordt ook wel eens gebruik gemaakt van progressieve veren. In een progressieve veer varieert de afstand tussen de windingen. Zie figuur 3. Naarmate de veer verder wordt ingedrukt komen er steeds meer windingen tegen elkaar aan te liggen, waardoor er in feite minder windingen beschikbaar zijn om te veren. Voor de veerconstante C van een veer geldt:

$$C = \frac{k}{n}$$

met n het aantal meeverende wikkelingen van de veer en k een constante. In figuur 4 staan drie mogelijke (F,u) -diagrammen.

figuur 4



- b. Leg met behulp van de formule uit welk (F,u) -diagram, I, II of III in figuur 4 geldt voor een progressieve veer.

4 Van ster naar zwart gat

Het oppervlak van een ster is $1,23 \cdot 10^{22} \text{ m}^2$.

Deze ster heeft een stralingsvermogen van $2,0 \cdot 10^{30} \text{ W}$.

- a. Bereken de golflengte van het licht dat de ster het meest uitzendt.

Als deze ster onvoldoende brandstof heeft, krimpt zij en kan ze uiteindelijk een zwart gat worden. Voorwaarde voor een zwart gat is dat een object dat beweegt met de lichtsnelheid niet kan ontsnappen uit het zwaartekrachtsveld ($E_{\text{kin}} < E_{\text{grav}}$).

Deze ster heeft een massa die 10x zo groot is als die van onze zon.

- b. Bereken tot welke straal deze ster minimaal moet krimpen om een zwart gat te worden.