

BOSWELL-BÈTA

James Boswell Examen natuurkunde vwo

Datum:

Tijd: 3 uur

Aantal opgaven: 5

Aantal vragen: 24

Aantal bijlagen: 3 (2 bij opgave 1; 1 bij opgave 4)

Totaal aantal punten: 74

- Vermeld op ieder vel je naam.
- Maak iedere opgave op een apart vel.
- Laat bij iedere opgave door middel van een berekening of motivatie zien hoe het antwoord is verkregen.
- Aan een antwoord zonder toelichting worden geen punten toegekend.
- Antwoorden met een fout in de significantie van meer dan één cijfer in de groot- of eenheden of in een combinatie hiervan levert een punt aftrek per afzonderlijke vraag op.
- Schrijf goed leesbaar met inkt. Het gebruik van tipp-ex e.d. of het schrijven met potlood is niet toegestaan.
- Gebruik uitsluitend een potlood voor het maken van een tekening.
- Eventuele aanvullende gegevens zijn te vinden in BINAS 6e druk.

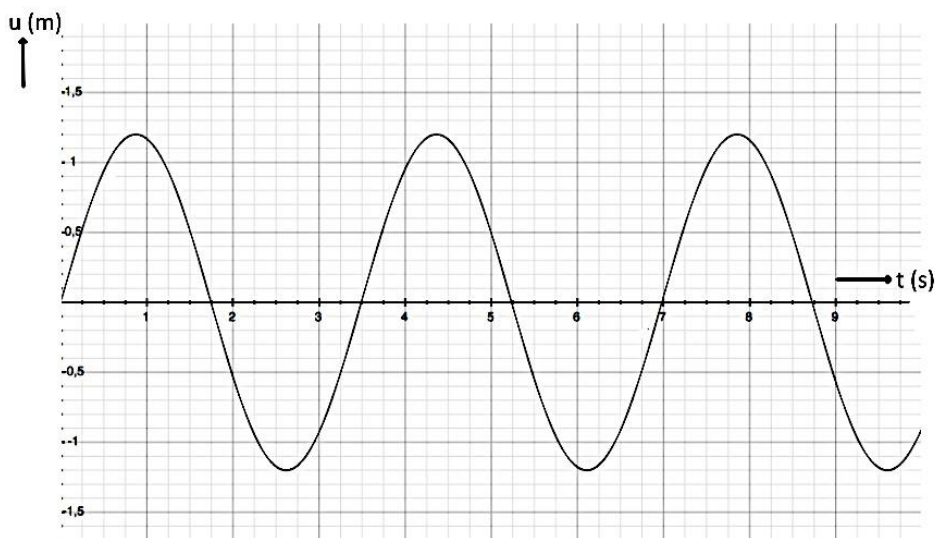
Opgave 1 Skilift

Moderne skiliften bewegen, als skiers instappen, met een snelheid van ongeveer 0,80 m/s en versnellen daarna om de skiers te vervoeren. In de foto hiernaast is de versnelling van één van de gondels goed zichtbaar aan het “schuin hangen” van de gondel. De foto is ook in de bijlage weergegeven. De zwaartekracht is op de bijlage al met een zwarte pijl weergegeven. Deze grijpt aan in het zwaartepunt van de gondel. In de figuur in de bijlage is een schaal gehanteerd waarin een vector van 1 cm een kracht voorstelt van 500 N. Naast de zwaartekracht werkt er ook nog de spankracht in de stang waar de gondel aan hangt.



- (3p) Bepaal met behulp van de figuur in de bijlage de massa van de gondel.
- (4p) Bepaal met behulp van de figuur in de bijlage de grootte van de spankracht in de stang waar de gondel aan hangt. Construeer daartoe in de figuur op de bijlage eerst de richting van de resulterende kracht op de gondel.

Door een storing stopt de gondel plotseling. Doordat hij een snelheid heeft voert hij een harmonische trilling uit. In het volgende diagram is de uitwijking van het zwaartepunt van de gondel weergegeven als functie van de tijd. Dit diagram staat ook in de bijlage.



De frequentie van deze trilling wordt gegeven door $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{g/l}$ waarin l de afstand is van het ophangpunt tot het zwaartepunt van de gondel en g de zwaartekrachtsversnelling.

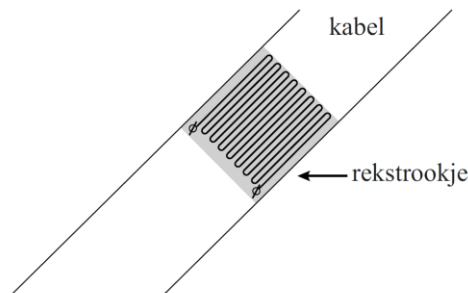
- (3p) Bepaal met behulp van het diagram in de bijlage de afstand l .
- (3p) Bepaal de maximale snelheid van de gondel terwijl hij heen en weer slingert.

Opgave 2 Rekstrookje

Om te controleren of een brug niet te zwaar belast wordt, maakt men gebruik van sensoren. In zo'n sensor zit een zogenoemd 'rekstrookje', dat op een kabel van de brug is geplakt. In zo'n rekstrookje is een lange, dunne constantaandraad verwerkt. Zie figuur 1.



figuur 1



Deze draad heeft een weerstand van 350Ω en een diameter van $40 \mu\text{m}$.

- a. (4p) Bereken de lengte van de constantaandraad.

Als er veel verkeer op de brug is, rekt de kabel een beetje uit. Het rekstrookje rekt procentueel evenveel uit als de kabel. Bij deze uitrekking verandert de weerstand van het rekstrookje. Door deze weerstandsverandering te meten, weet men of de kabel te veel uitrekt.

Als het strookje uitrekt, wordt de weerstand van de constantaandraad groter.

- b. (2p) Geef twee redenen hiervoor.

De weerstandsverandering van het rekstrookje kan bepaald worden met de schakeling van figuur 2. Als de weerstand van het rekstrookje $1,0 \Omega$ groter wordt, verandert de spanning die de spanningsmeter aangeeft minder dan een half procent.

- c. (3p) Toon dat aan.

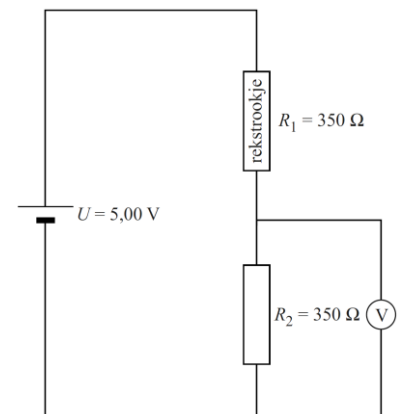
Om de weerstandsverandering beter te meten, wordt de schakeling van figuur 3 gebruikt. Als het rekstrookje niet is uitgerek, geeft de spanningsmeter $0,000 \text{ V}$ aan.

- d. (2p) Leg dit uit.

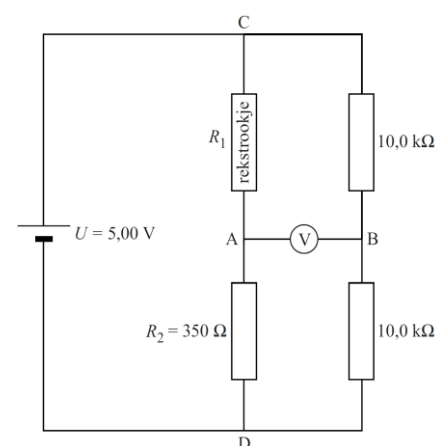
Als het rekstrookje uitrekt, geeft de spanningsmeter wel een spanning aan. Zie het diagram in figuur 4.

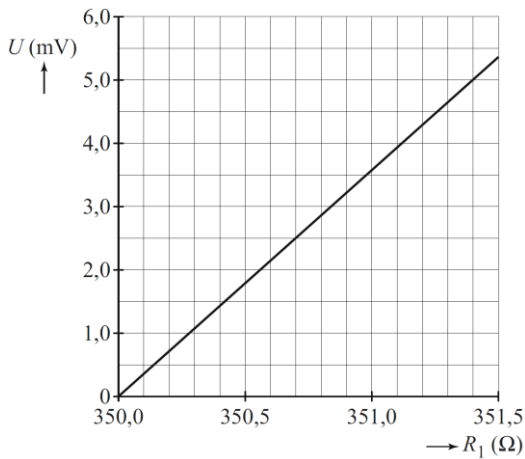
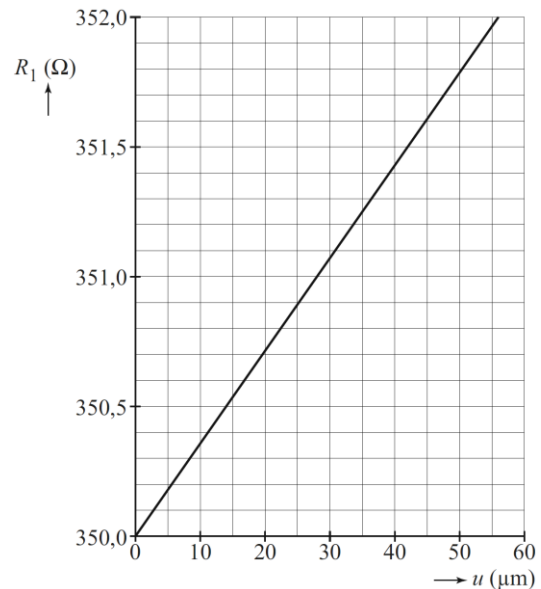
- e. (2p) Leg uit of in dit geval de spanning van punt A (zie figuur 3) hoger of lager wordt dan van punt B.

figuur 2



figuur 3



figuur 4**figuur 5**

Het rekstrookje heeft een lengte van 6,1 cm en is op een 198 m lange kabel van de brug vastgeplakt. In het diagram van figuur 5 is het verband tussen de weerstand en de uitrekking van het rekstrookje weergegeven.

Als door veel verkeer de kabel van de brug 12 cm uitrekt, gaat een alarm af.

- f. (3p) Bepaal bij welke spanning het alarm afgaat.

Opgave 3 Het broeikaseffect

Veel mensen denken bij broeikasgassen aan kooldioxide (CO_2). Toch levert water (H_2O) in de vorm van waterdruppeltjes of waterdamp een veel grotere bijdrage (ca 90%) aan het broeikas effect dan kooldioxide (ca 10%). Dat komt met name doordat het percentage water in de atmosfeer veel groter is dan het percentage kooldioxide. Zowel water als kooldioxide hebben de eigenschap dat ze warmte "vasthouden". Dit is ook wat in een broeikas gebeurt, vandaar de naam "broeikasgassen".

In deze opgave bekijken we waarom broeikasgassen doen wat ze doen (namelijk warmte vasthouden) en wat het gevolg is van broeikasgassen op de temperatuur van de aarde.

De aarde ontvangt energie van de zon, iedere seconde 1,40 kJ per m^2 aardoppervlak (gemeten loodrecht op de zonnestraling). Van deze energie wordt direct gemiddeld 30% teruggekaatst de ruimte in (met name door water-, sneeuw- en ijsoppervlaktes).

- a. (4p) Toon aan dat het totale vermogen aan zonnestraling dat de aarde netto ontvangt, gelijk is aan $1,25 \cdot 10^{17}$ W.

Aangezien de temperatuur van de aarde constant is moet de aarde even veel energie uitstralen als dat zij ontvangt.

- b. (3p) Laat zien dat de (gemiddelde) temperatuur van de aarde lager zou zijn dan 0°C als de aarde een zwarte straler zou zijn en evenveel energie zou uitstralen als zij netto ontvangt.

Het aardoppervlak heeft een gemiddelde temperatuur van 15°C , wat aanzienlijk warmer is dan je zou verwachten. Een mogelijke verklaring is dat in de atmosfeer energie wordt geabsorbeerd en terug gestraald naar het aardoppervlak.

- c. (3p) Bereken de golflengte in μm waarbij de meeste stralingsenergie wordt uitgezonden door de aarde, aangenomen dat de temperatuur van de aarde 15°C is.

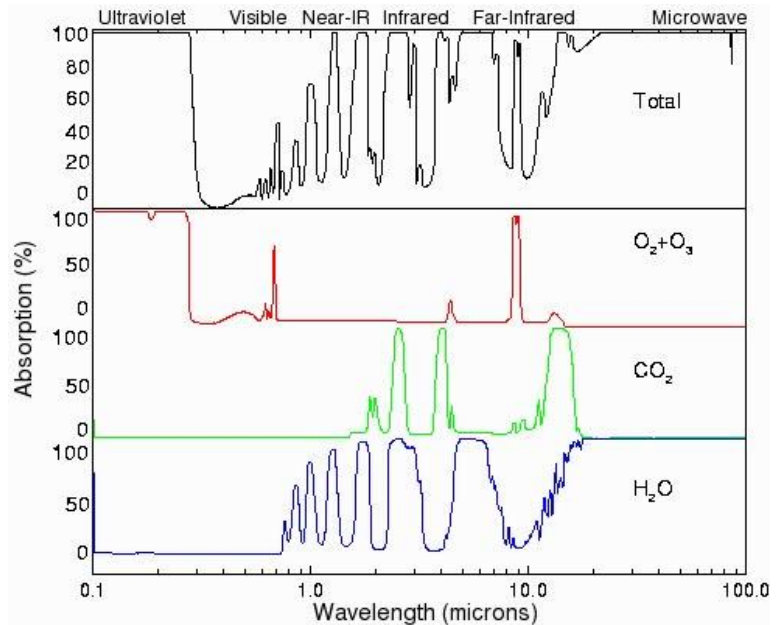
Het absorberen en terug stralen van elektromagnetische straling gebeurt door de zogenaamde broeikasgassen.

In het diagram hiernaast is het absorptiespectrum van verschillende gassen weergegeven. De horizontale golflengteschaal is gegeven in *micron* ($=\mu\text{m}$).

- d. (2p) Leg aan de hand van het diagram uit dat zowel H_2O als CO_2 broeikasgassen zijn.

In het absorptiespectrum van CO_2 zie je drie sterke lijnen met golflengtes $2,5 \mu\text{m}$, $4,0 \mu\text{m}$ en $12 \mu\text{m}$.

Neem aan dat zich in een molecuul CO_2 één elektron bevindt dat zich vrij binnen het molecuul kan bewegen en ga er van uit dat het CO_2 molecuul zich in de grondtoestand ($n = 1$) bevindt. De absorptielijnen zouden dan kunnen horen bij energie overgangen van $n = 1 \rightarrow 2$, $n = 1 \rightarrow 3$ en $n = 1 \rightarrow 4$. We nemen nu aan dat de lijn van $2,5 \mu\text{m}$ hoort bij de grootste energie overgang ($n = 1 \rightarrow 4$).



- e. (4p) Bereken, met het deeltje-in-doozje model, de afmeting van het CO_2 molecuul in nm.
- f. (4p) Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken de verhoudingen van de groottes van de energie overgangen die volgen uit de golflengtes van het diagram (dus $E_{n=1 \rightarrow 2} : E_{n=1 \rightarrow 3} : E_{n=1 \rightarrow 4}$).
 - Bereken vervolgens de verhoudingen van de groottes van de genoemde energie overgangen die volgen uit het deeltje-in-doozje model.
 - Ga tenslotte na of de verhoudingen uit het model kloppen met de verhoudingen uit het diagram.

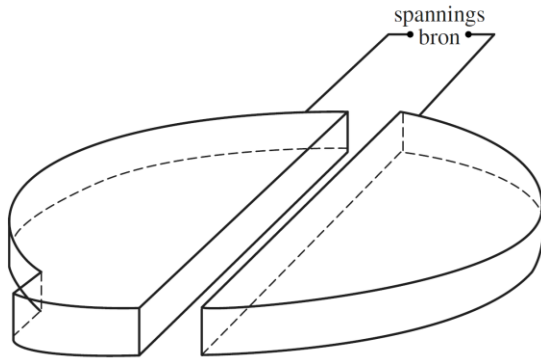
Opgave 4 Cyclotron

In ziekenhuizen maakt men met een cyclotron radioactieve isotopen die gebruikt worden voor diagnostiek. Zie de foto.

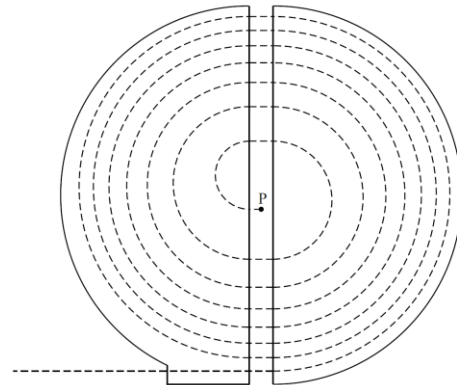
Een cyclotron is een apparaat dat bestaat uit twee holle D-vormige koperen trommels die op een kleine afstand van elkaar staan, zoals schematisch staat weergegeven in de figuren 1 en 2. Deze figuren zijn niet op schaal. Het geheel bevindt zich in vacuüm.



figuur 1



figuur 2



In de ruimte tussen de twee trommels bevindt zich een elektrisch veld. Doordat de trommels zijn aangesloten op een wisselspanningsbron wisselt dit veld steeds van richting.

In het midden (zie figuur 2) bevindt zich een protonenbron P. De protonen worden in het elektrisch veld versneld en komen in een van de trommels terecht.

Loodrecht op beide trommels staat een homogeen magneetveld waardoor de protonen met constante snelheid een halve cirkelbaan doorlopen. De baan van een proton staat weergegeven met een stippellijn. Figuur 2 staat vergroot in de bijlage.

- a. (3p) Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef in de figuur in de bijlage in de punten 1 en 2 de richting van de snelheid van de protonen en de richting van de lorentzkracht aan.
 - Leg uit hoe het magneetveld in de punten 1 en 2 gericht is.

In een trommel doorloopt een proton een halve cirkelbaan. Voor de tijd t die nodig is om zo'n halve cirkelbaan te doorlopen geldt:

$$t = \frac{\pi m}{Bq}$$

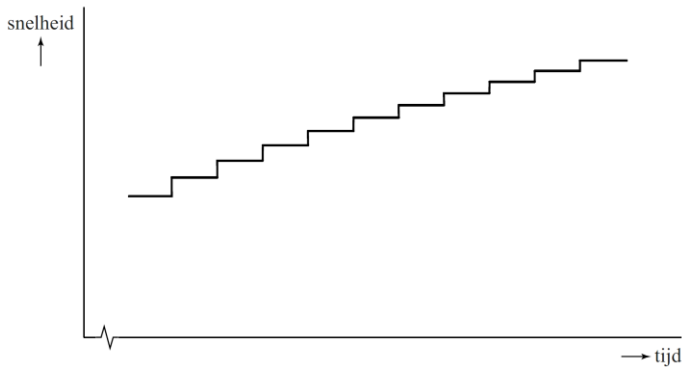
Hierin is:

- m de massa van het proton;
- B de sterkte van het magneetveld;
- q de lading van het proton.
-

- b. (4p) Leid dit af met formules uit Binas.

Elke keer dat een proton na een halve cirkel in de ruimte tussen de twee trommels komt, is het elektrische veld van richting omgekeerd, zodat het in de goede richting staat en het proton er dezelfde hoeveelheid bewegingsenergie bij krijgt. De snelheid van het proton als functie van de tijd die hieruit volgt is geschetst in het diagram van figuur 3.

figuur 3



Figuur 3 laat twee eigenschappen zien:

- de tijdsduur van elke stap in de trammels is steeds gelijk;
- de snelheidstoename is bij elke stap tussen de trammels kleiner.

c. (3p) Leg van beide eigenschappen uit waarom dit zo is.

De sterkte van het magneetveld bedraagt 1,5 T. Het wisselende elektrische veld tussen de twee holle ruimtes wordt veroorzaakt door een wisselspanning.

d. (3p) Bereken de frequentie van deze wisselspanning.

Opgave 5 Supernova explosie

Het volgende bericht verscheen in de NRC in april 2016:

De laatste tien miljoen jaar hebben in de omgeving van ons zonnestelsel diverse supernova-explosies plaatsgevonden op afstanden van maximaal 300 lichtjaar van de aarde. Dat blijkt uit de verdeling van minuscule hoeveelheden radioactief ijzer-60 in de oceanische aardkorst.

Het meeste ijzer-60 is te vinden in aardlagen die 1,5 tot 3,2 miljoen jaar oud zijn, maar ook ongeveer 7,5 miljoen jaar geleden vertoont de afzetting van radioactief ijzer een piek.

Bij zo'n supernova-explosie worden grote hoeveelheden stermaterie, die onder meer de radioactieve isotopen ijzer-60, aluminium-26 en beryllium-10 bevat, de ruimte in geblazen. Wanneer een supernova-explosie maar dicht genoeg bij de aarde plaatsvindt, belanden kleine hoeveelheden van die isotopen op onze planeet.

De volgende gegevens zijn bekend van ijzer-60:

Type verval: β^- -verval Halveringstijd: $2,62 \times 10^6$ jaar Vervalenergie: 237,18 keV

De materie wordt door de ster uitgestoten met een snelheid van ongeveer 10% van de lichtsnelheid.

- a. (2p) Toon aan dat van het oorspronkelijke door de ster uitgestoten ijzer-60 nog nauwelijks iets vervallen is als het op aarde aankomt.
- b. (3p) Bereken hoeveel procent van het oorspronkelijke ijzer-60 nog over is na 7,5 miljoen jaar.
- c. (3p) Geef de vervalvergelijking van ijzer-60.

Om nog een betrouwbare meting aan het materiaal in de zeebodem te kunnen doen, is van het ijzer-60 minimaal een activiteit van 10 Bq vereist.

- d. (4p) Bereken hoeveel gram ijzer-60 zich dan minimaal in een te onderzoeken monster van het materiaal moet bevinden.

EINDE

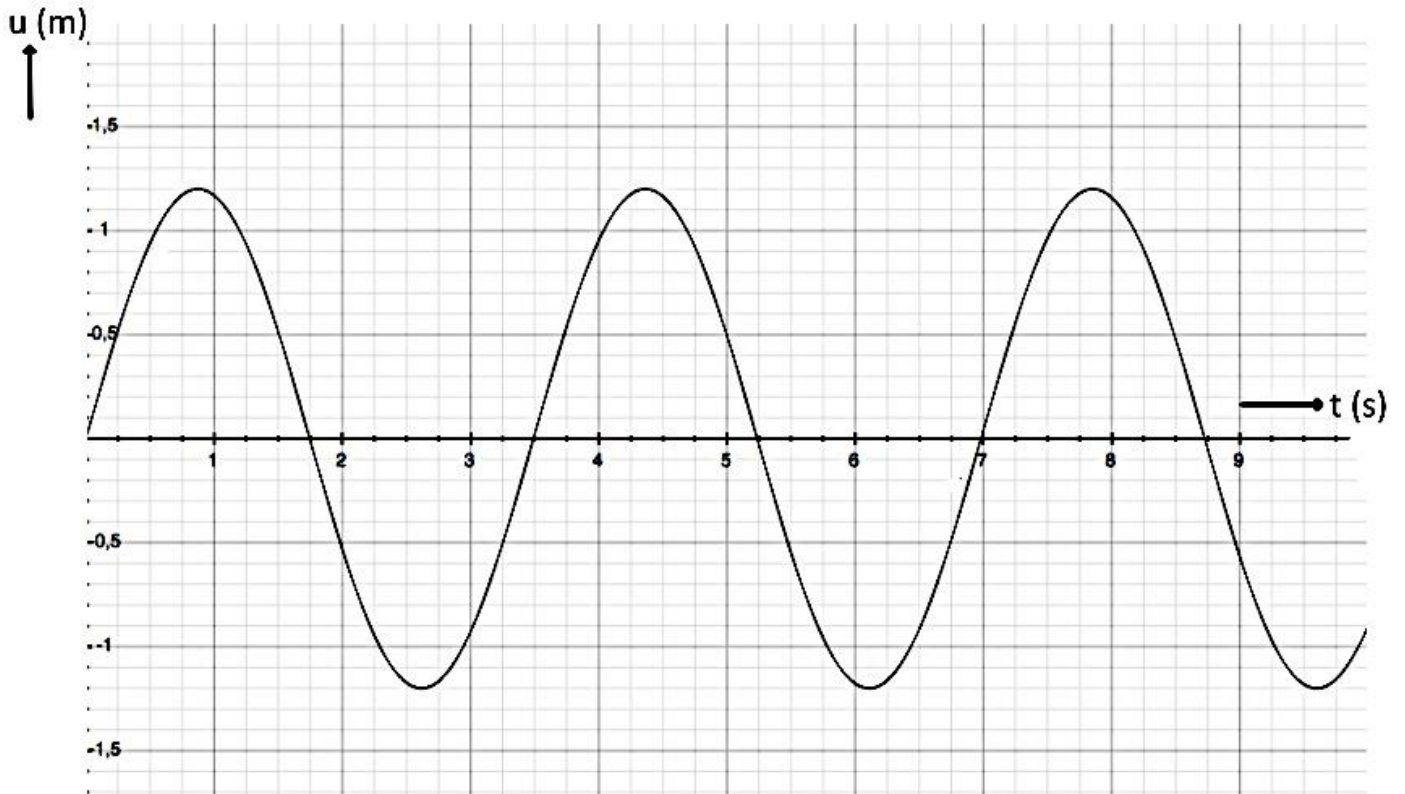
BIJLAGE BIJ OPGAVE 1

Naam:



BIJLAGE BIJ OPGAVE 1

Naam:



BIJLAGE BIJ OPGAVE 4

Naam:

