

Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

**Met potlood geschreven tekst wordt niet gecorrigeerd!
Het gebruik van Tipp-Ex is niet toegestaan.**

Opgave 1

In 2005 is de Amerikaanse marine gestart met een project om een elektromagnetisch kanon te maken waarmee hun schepen kunnen worden uitgerust. Het uiteindelijke doel is een kanon dat projectielen kan afvuren met

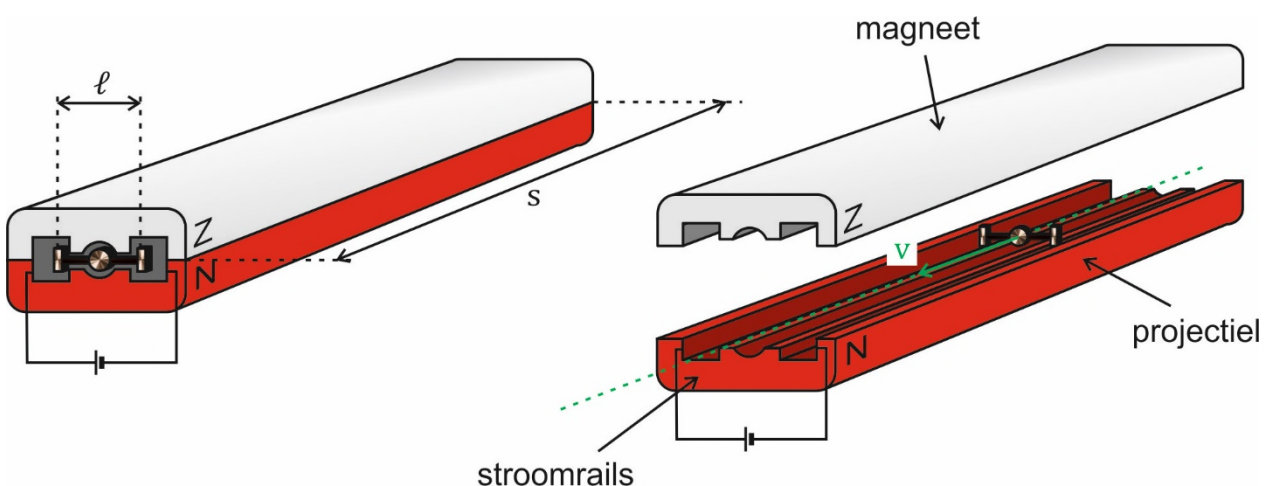


een snelheid van minimaal mach 5 naar doelen op een afstand van tot wel 100 zeemijl. Een dergelijk kanon heeft een groot aantal voordelen. De schade wordt aangericht door de kinetische energie van het projectiel. Er hoeven dus geen explosieven te worden opgeslagen op het schip. De kogels zijn kleiner waardoor er veel meer projectielen kunnen worden opgeslagen enz..

Als je een dergelijk kanon wilt zien kijk eens bij onderstaande link:

<https://www.youtube.com/watch?v=G8Uv1-CCY80>

In onderstaande afbeelding is een dergelijk elektromagnetische kanon, een zogenaamde railgun, schematisch weergegeven.



Deze bestaat uit twee rails, waarlangs het projectiel (in de afbeelding van achteren naar voren) kan bewegen. Door de rails en het projectiel loopt een grote stroom. De spanningsbron tussen de twee rails is aangegeven. De lengte van de rails is 2,5 m en de

afstand ℓ tussen de rails is 20 cm. Tussen de rails bevindt zich een magnetisch veld met een sterkte van 10 T. Laat in deze opgave de wrijvingskrachten buiten beschouwing. Een projectiel heeft een massa van 22 kg.

- Bereken** de kinetische energie die het projectiel heeft als dit de loop van het kanon verlaat met een snelheid van mach 5.
- Bereken** hoe groot de stroomsterkte door de stroomrails minimaal moet zijn om het projectiel deze snelheid te kunnen geven.

Stel de vervangingsweerstand voor de gehele stroomkring is $1,5 \Omega$.

- Bereken** hoeveel kWh elektrische energie er nodig is voor het afvuren van één enkel projectiel.

Voor fase één van het programma was het doel een projectiel met een kinetische energie van 32 MJ af te schieten. Dit is gelukt. Ondertussen is men in fase twee van het programma. Men wil tien schoten per minuut kunnen afvuren.

Stel alle energie die niet ten goede komt aan de kinetische energie van het projectiel komt in de staalconstructie terecht. De staalconstructie heeft een totale massa van 1,0 ton.

- Bereken** de temperatuurstijging van de staalconstructie na 10 schoten als er geen warmteafvoer zou zijn.

Opgave 2

In nevenstaande afbeelding is de beeldbuis van een ouderwetse zwart-wit tv schematisch getekend. Elektronen worden door verhitting uit de kathode K vrijgemaakt en versneld tussen de kathode en de doorboorde anode A. Op plaatsen waar elektronen de fluorescerende laag op het scherm treffen, worden fotonen uitgezonden.

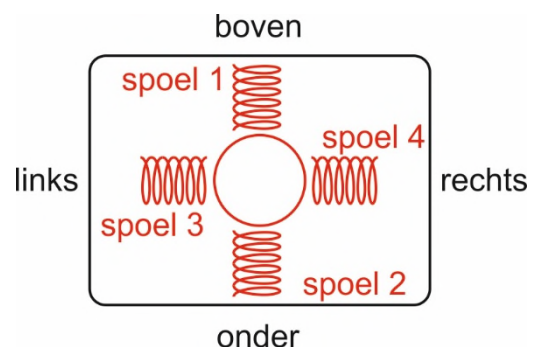
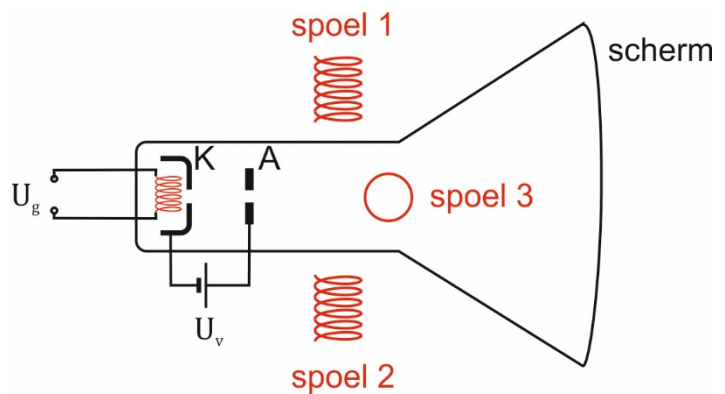
Het potentiaalverschil tussen anode en kathode bedraagt $2,5 \cdot 10^3$ V.

De kinetische energie van de elektronen bij het verlaten van de kathode is te verwaarlozen. In de ruimte tussen de anode en het scherm heerst geen elektrisch veld.

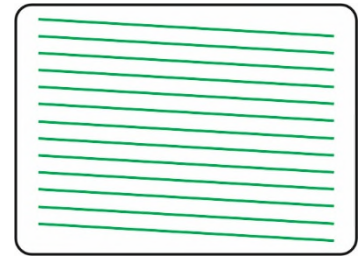
- Bereken** de snelheid waarmee de elektronen het scherm treffen.

De afbuiging van de elektronenbundel wordt verzorgd door magnetische velden. Deze velden worden opgewekt door het spoelenpaar 1-2 en het spoelenpaar 3-4. In bovenstaande afbeelding zijn de spoelen 1, 2 en 3 zichtbaar, in nevenstaande afbeelding is de stand van de spoelen nog eens weergegeven voor iemand die voor de t.v. zit.

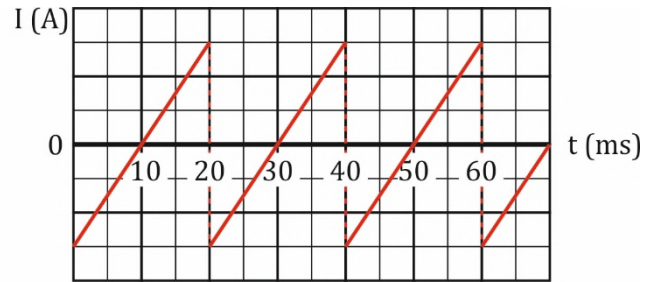
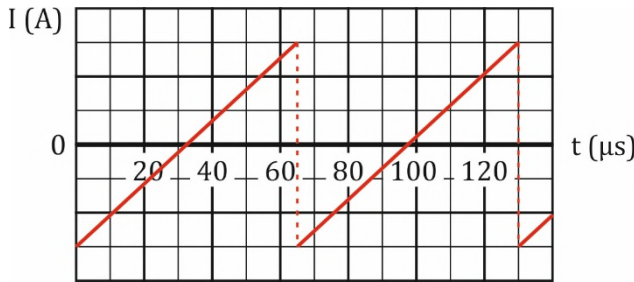
De spoelen van een spoelenpaar zijn in serie geschakeld. Daartoe zijn de spoelen zodanig verbonden dat beide spoelen van een spoelenpaar een magneetveld produceren dat in dezelfde richting wijst. Deze verbinding is in de afbeelding niet getekend.



In nevenstaande afbeelding is schematisch getekend waar de elektronenbundel achtereenvolgens het scherm raakt, gezien vanuit de positie van de kijker. Het trefpunt verplaatst zich van links naar rechts over het scherm. Is het trefpunt aan de rechterkant van het scherm aangekomen dan schiet het terug naar de linkerkant. Na het op deze wijze voltooien van een bepaald aantal beeldlijnen is het trefpunt rechts onderaan gearriveerd en is één beeld compleet.



In de onderstaande diagrammen is de stroomsterkte door het ene en die door het andere spoelenpaar als functie van de tijd weergegeven.



- b) **Leg uit** of het verloop van de stroomsterkte van het rechter diagram bij het spoelenpaar 1-2 of bij het spoelenpaar 3-4 hoort.
 c) **Bepaal** met behulp van de diagrammen uit hoeveel beeldlijnen een beeld is opgebouwd.

Als een elektron het scherm bereikt, verliest het energie door vele botsingen met atomen van de fluorescerende laag aan de binnenzijde van het scherm. Hierna wordt het elektron naar de spanningsbron teruggevoerd.

De versnelling is nog steeds $2,5 \cdot 10^3$ V. De elektronenstroom die het scherm treft, heeft een sterkte van $200 \mu\text{A}$. Van de kinetische energie van deze elektronen wordt 90% omgezet in zichtbaar licht. De gemiddelde energie van een door de fluorescerende laag uitgezonden foton komt overeen met de energie van een foton met een golflengte van $5,6 \cdot 10^{-7}$ m.

- d) **Bereken** het aantal fotonen dat per seconde door de fluorescerende laag wordt uitgezonden.