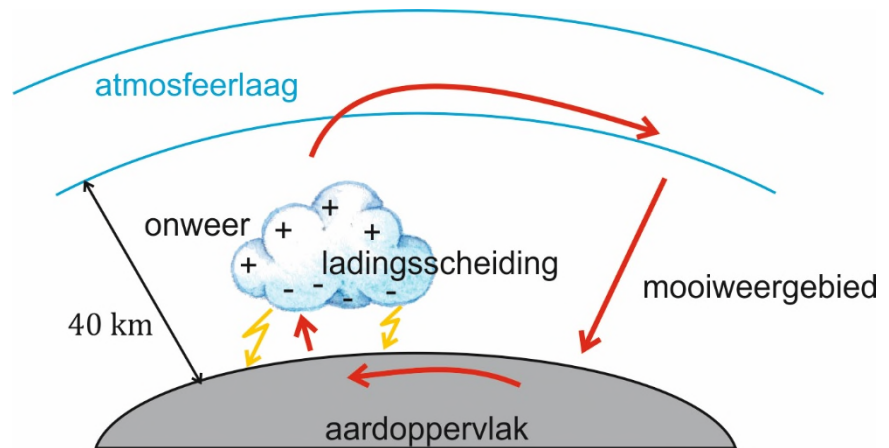


Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

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

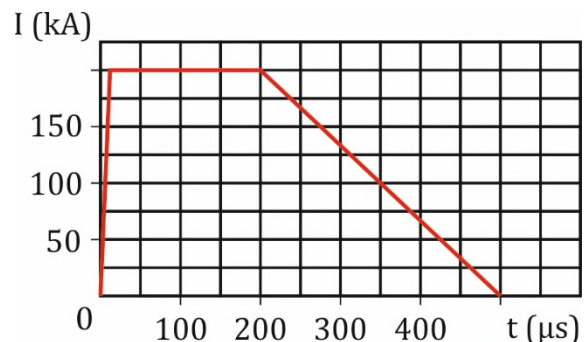
**Opgave 1**

Men kan zich de atmosfeer van de aarde voorstellen als een gigantische elektrische stroomkring. In deze stroomkring fungeren onweerswolken als batterijen. De hierin optredende ladingsscheiding laadt de bovenlaag van de atmosfeer, op een hoogte van zo'n 40 km, positief op ten opzichte van het aardoppervlak. Op die manier heerst er een spanning van 400 kV tussen deze laag van de atmosfeer en het aardoppervlak. Zowel de betreffende atmosfeerlaag als het aardoppervlak kunnen als goede geleiders worden beschouwd. In gebieden met mooi weer ontstaan positief geladen ionen die de atmosfeer ontladen. In onweersgebieden ontstaat in de onweerswolken ladingsscheiding die de atmosfeer weer oplaadt. De onweersgebieden op aarde produceren gezamenlijk een gemiddelde stroom van 1,3 kA. Zonder ladingsscheiding in de onweersgebieden en bij constante ontladstroom in de mooiweergebieden zou de atmosfeer binnen 14 minuten volledig zijn ontladen.



- a) **Bereken** de gemiddelde lading van de atmosfeerlaag. Ondanks de ontladstroom in mooiweergebieden kan de atmosfeer en het aardoppervlak in een mooiweergebied worden gezien als een condensator.
- b) **Bereken** die kracht die op een eenwaardig positief geladen ion in zo'n mooiweergebied werkt.

In nevenstaand (I,t)-diagram staat het sterk vereenvoudigde verloop van de stroomsterkte als functie van de tijd weergegeven zoals dit optreedt bij een bliksem. De toename van de stroomsterkte in het begin duurt 10  $\mu$ s.



- c) **Toon aan** dat zo'n bliksemschicht ongeveer 70 C aan lading transporteert.
- d) **Bereken** hoeveel van dit soort bliksemschichten er wereldwijd per seconde op moeten treden.

Een bliksemschicht kan worden beschouwd als een draad waar een zekere stroom doorheen gaat.

Voor het magneetveld rond een bliksemschicht geldt dan:

$$B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2\pi \cdot r}$$

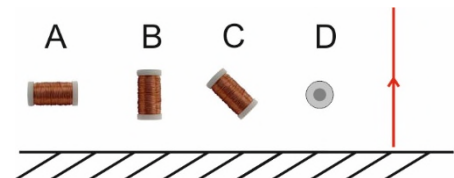
Neem aan dat de bliksemschicht verticaal omlaag komt.

e) **Bereken** de maximale grootte van de magnetische inductie op een afstand van 50 m.

Elektronische apparatuur kan ten gevolge van inductiespanningen last krijgen van bliksemschichten.

f) **Leg uit** wat de meest ongunstige oriëntatie voor een spoel of een stuk metaal is ten opzichte van het aardoppervlak en de bliksemschicht.

Zie nevenstaande afbeelding



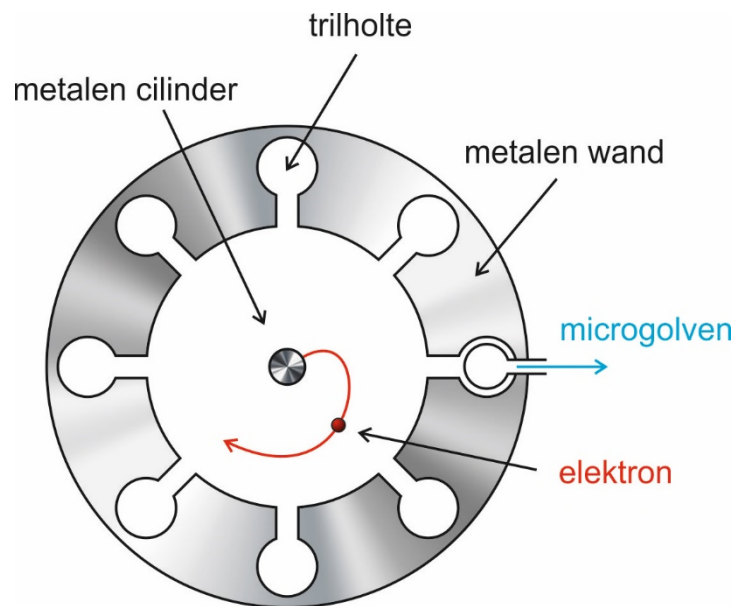
Stel in een apparaat bevindt zich een spoel met een oppervlakte van 2,0 cm<sup>2</sup> en 1500 wikkelingen in de meest ongunstige oriëntatie.

g) **Bereken** de inductiespanning die ontstaat in de eerste 10 μs.

## Opgave 2

Een magnetron is een apparaat waarin met behulp van 'microgolven' voedsel en dranken kunnen worden opgewarmd.

Microgolven zijn elektromagnetische golven met een hoge frequentie. De in voedsel aanwezige watermoleculen gaan onder invloed van deze golven heftiger trillen, waardoor de temperatuur van het voedsel stijgt. De microgolven worden opgewekt in een afgesloten ruimte, waarvan een doorsnede schematisch is getekend in nevenstaande afbeelding.



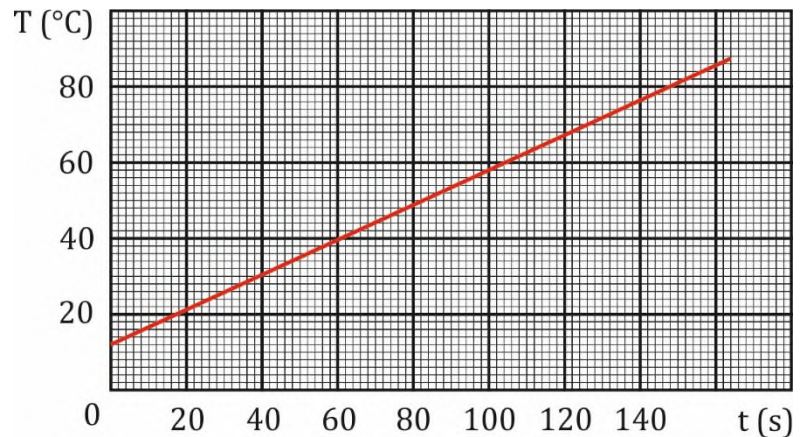
In het midden bevindt zich een metalen cilinder. Daaromheen bevindt zich een metalen wand. De wand is positief geladen ten opzichte van de cilinder. In de wand zit een aantal zogenaamde trilholten. Een homogeen magnetisch veld staat loodrecht op het vlak van tekening. De metalen cilinder zendt elektronen uit, die in het magnetische veld worden afgebogen. De baan van één elektron is in bovenstaande afbeelding getekend.

a) **Leg** met behulp van een tekening met vectoren **uit**, welke richting het magnetische veld heeft.

Als de ronddraaiende elektronen de trilholten passeren, ontstaan daarin microgolven. Deze golven worden naar de ruimte geleid waarin voedsel verwarmd kan worden. De frequentie van de microgolven is 2450 MHz.

b) **Bereken** de golflengte van deze microgolven.

In de verwarmingsruimte van de magnetron wordt een porseleinen beker met 200 g water geplaatst. We gaan het water verwarmen door het maximale vermogen van de magnetron aan te zetten. Volgens de fabrieksgegevens is het maximale vermogen dat de magnetron via microgolven kan leveren 650 W. Tijdens het verwarmen wordt een aantal malen de temperatuur van het water gemeten. Het resultaat van deze metingen is uitgezet in het bovenstaande diagram.



c) **Bepaal** hoe groot het rendement is van de omzetting van elektromagnetische energie in inwendige energie van het water.

Om het elektromagnetische vermogen van 650 W te kunnen leveren, moet de magnetron een vermogen van 1,25 kW van het lichtnet opnemen. In de keuken waar de magnetron staat, bevinden zich nog meer elektrische apparaten: lampen met een totaal vermogen van 250 W en een koelkast van 200 W. De apparaten in de keuken zijn in de meterkast aangesloten op één groep. Deze groep is beveiligd met een smeltveiligheid van 16 A. De netspanning bedraagt 230 V. Men wil nog een elektrische oven van 2,2 kW in de keuken aansluiten.

d) **Leg** met behulp van een **berekening uit** of het verstandig is om al deze apparaten samen op deze groep aan te sluiten.