

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.

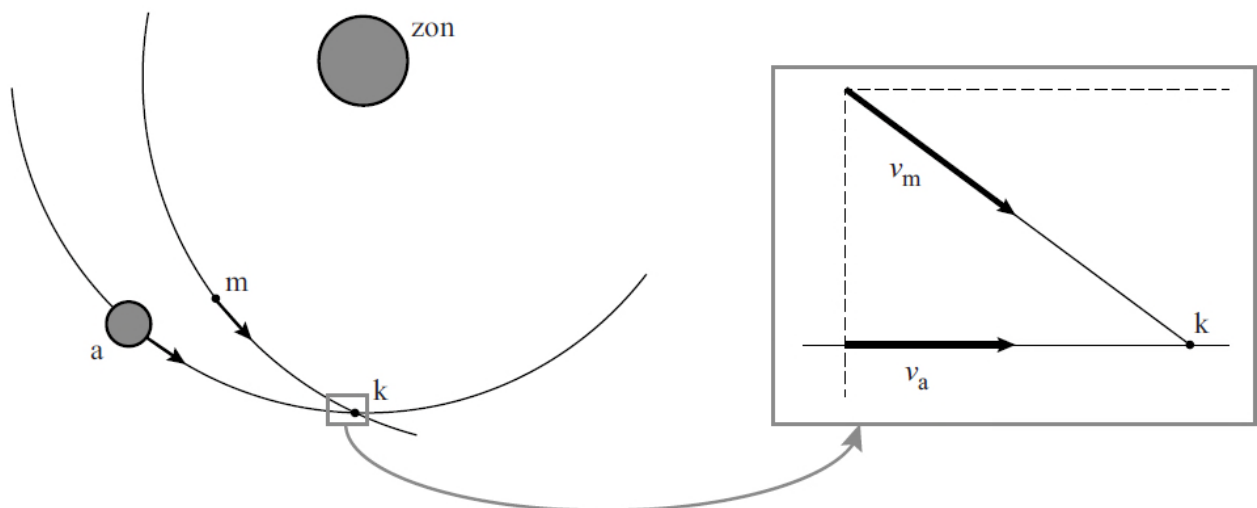
**Met potlood geschreven tekst wordt niet gecorrigeerd!  
Het gebruik van Tipp-Ex is niet toegestaan.**

**Opgave 1**

Op 15 februari 2013 vroeg in de ochtend sloeg een klein deel van een meteoriet in bij het Russische plaatsje Tsjeljabinsk. Onderzoekers onderzochten hoe de vlucht van de meteoriet was verlopen. Ze bekeken daarbij de banen van de meteoriet en de aarde, vlak voor deze botsten.

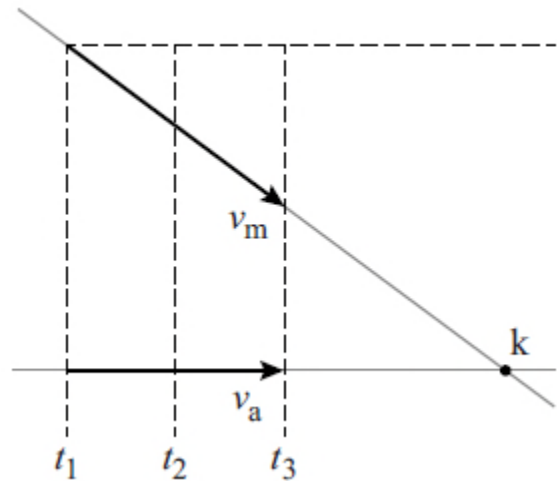
a) **Bereken** de grootte van de baansnelheid van de aarde om de zon in 2 significante cijfers.

Onderstaande afbeelding geeft schematisch de banen van de meteoriet m en de aarde a om de zon weer. Deze afbeelding is niet op schaal.



Vlak voor de botsing in punt k zijn deze banen te benaderen als rechte lijnen. Zie bovenstaande rechter afbeelding. De vectoren zijn op schaal en geven de richting en grootte van de baansnelheid van de meteoriet  $v_m$  en de baansnelheid  $v_a$  van de aarde.

Snelheidsvectoren zijn op dezelfde manier te ontbinden als krachtvectoren. De snelheidsvector van de meteoriet  $v_m$  is te ontbinden in twee richtingen: één parallel aan de baan van de aarde en één loodrecht op de baan van de aarde. Bovenstaande rechter afbeelding staat hiernaast nogmaals weergegeven. Hierin is met lijnen aangegeven waar de aarde en de meteoriet zich op bepaalde tijdstippen ten opzichte van elkaar bevonden.



Vroeg in de ochtend leek het vanaf de aarde gezien alsof de meteoriet vanuit de richting van de zon naar de aarde bewoog.

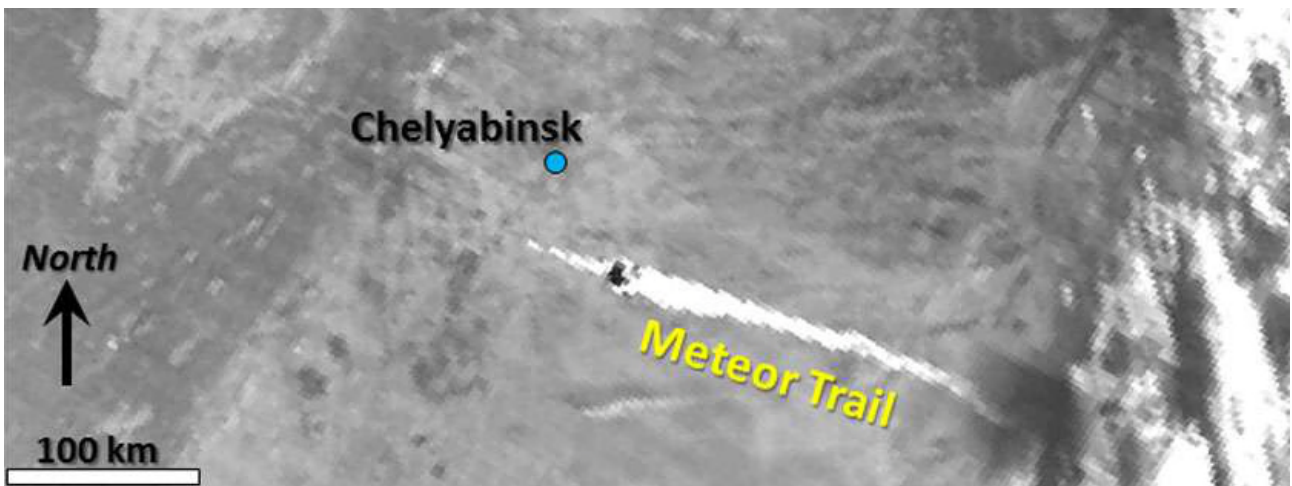
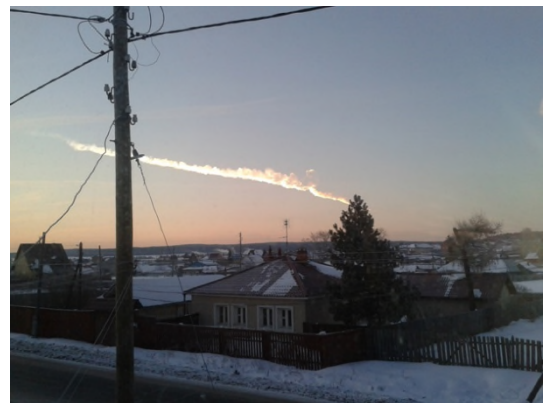
b) **Leg uit** dat de meteoriet vanuit de richting van de zon leek te komen.

Ontbind hiertoe eerst snelheidsvector  $v_m$ .

Op 150 km boven het aardoppervlak ondervond de meteoriet luchtweerstand door de dampkring. Door de wrijving werd de meteoriet heet en een deel van de meteoriet ging direct over in de gasfase.

c) Hoe heet deze faseovergang?

Door de hitte van de meteoriet werd er in 13 s een zichtbaar spoor langs de hemel getrokken. In nevenstaande afbeelding zie je een foto van dit spoor gezien vanaf de aarde. De snelheid van de meteoriet wordt constant beschouwd. Hetzelfde spoor is ook gefotografeerd door een satelliet vanuit de ruimte. Zie onderstaande afbeelding.



Met deze figuur is te bepalen dat de snelheid van de meteoriet ten opzichte van de aarde gelijk was aan  $20 \cdot 10^3$  m/s.

d) Toon deze snelheid aan met een bepaling.

De meteoriet explodeerde in de lucht. Bij de explosie werd de kinetische energie van de meteoriet omgezet. De energie die bij grote explosies vrijkomt, wordt vergeleken met de energie die vrijkomt bij de explosie van een kiloton van de explosieve stof TNT. Een kiloton TNT levert een energie van  $4,2 \cdot 10^{12}$  J. De massa van de meteoriet vlak voor de explosie werd geschat op  $9 \cdot 10^3$  ton.

e) **Bereken** hoeveel energie vrijkwam bij de explosie van de meteoriet, uitgedrukt in kiloton TNT.

Een klein deel van de meteoriet kwam uiteindelijk neer op de aarde. Dit stuk was bij benadering kubusvormig. Zie nevenstaande afbeelding.

Dit stuk had een massa van  $6 \cdot 10^2$  kg. Sommige meteorieten bestaan (voornamelijk) uit ijzer en worden daarom ijzermeteorieten genoemd.

f) **Leg** met een **berekening uit** of de meteoriet van Tsjeljabinsk een ijzermeteoriet is. Maak eerst een beredeneerde schatting van het volume van dit stuk meteoriet.



## Opgave 2

Een Boeing 747-300 (zie nevenstaande foto) is met 400 passagiers van Schiphol op weg naar de Verenigde Staten. De totale massa bedraagt  $3,8 \cdot 10^5$  kg. Vliegen is mogelijk omdat de vleugels van een vliegtuig door de langsstromende lucht een normaalkracht ondervinden die steeds loodrecht staat op het vlak van de vleugels. Op een zeker ogenblik vliegt het vliegtuig horizontaal in een rechte lijn met een constante snelheid. Het vlak van de vleugels is dan ook horizontaal.

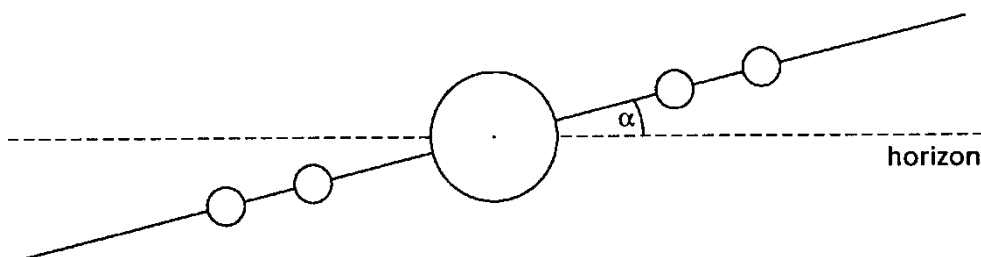


De normaalkracht en de zwaartekracht grijpen beide aan in het zwaartepunt van het vliegtuig.

De normaalkracht en de zwaartekracht grijpen beide aan in het zwaartepunt van het vliegtuig.

a) **Bereken** de grootte van de normaalkracht op het vliegtuig.

Boven Engeland laat de automatische piloot het vliegtuig een bocht maken met een straal van 25,0 km. Daartoe wordt het vliegtuig enkele graden om zijn lengte-as gedraaid. Dit draaien om de lengte-as noemt men "rollen". Bij het nemen van de bocht wil men het vliegtuig op dezelfde hoogte houden. Het blijkt dan noodzakelijk te zijn dat de snelheid van het vliegtuig wordt opgevoerd, zodat de normaalkracht toeneemt. In onderstaande afbeelding is een (schematisch) vooraanzicht van het vliegtuig getekend.



Op de bijlage is deze figuur nogmaals weergegeven. De zwaartekracht en de voor de bocht benodigde middelpuntzoekende kracht op het vliegtuig zijn reeds in de juiste verhouding ingerekend.

- b) **Bepaal** met behulp van een constructie in de figuur op de bijlage de grootte van de normaalkracht  $F_n$  die het vliegtuig tijdens het nemen van de bocht van de lucht zal ondervinden.
- c) **Leg uit** waarom het noodzakelijk is dat de normaalkracht toeneemt als de hoogte van het vliegtuig tijdens het nemen van de bocht niet mag veranderen.
- d) **Bepaal** de grootte van de snelheid van het vliegtuig tijdens het nemen van deze bocht.

