|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | havo\_natuurkunde\_2009\_2\_1 | Bijlage | | Correctiemodel | | | Taxonomie | Domein | Formule |
| T | Superbus |  |  |  |  | |  |  |  |
| I[0] | Op de TU Delft is onder leiding van professor Wubbo Ockels de Superbus ontwikkeld. Zie {F1}. |  |  |  |  | |  |  |  |
| F1[0] |  |  |  |  |  | |  |  |  |
| I[1] | De bus wordt elektrisch aangedreven, biedt plaats aan ongeveer 20 personen en heeft een kruissnelheid van 250 km/h. De massa van de bus inclusief  passagiers is 8,1·103 kg. |  |  |  |  | |  |  |  |
| F2[1] |  |  |  |  |  | |  |  |  |
| I[1] | In {F2} is het (v,t)-diagram van het optrekken van de Superbus weergegeven. Tussen t = 0 en t = 10 s is de beweging eenparig versneld.  Een deel van {F2} staat vergroot op de uitwerkbijlage. |  |  |  |  | |  |  |  |
| Q1 | Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de afstand die de Superbus tussen t = 0 en t = 10 s aflegt. | B1 |  | A |  | |  |  |  |
| C | Gevraagd:  methode 1:  voorbeeld van een bepaling:  De afstand s is gelijk aan de oppervlakte onder de grafiek tussen t = 0 en t = 10 s.  De oppervlakte is gelijk aan  methode 2  De gemiddelde snelheid van de bus tussen t = 0 en t = 10 s is gelijk aan .  De afgelegde afstand is dus | |  |  |  |
| P | inzicht dat de afstand gelijk is aan de oppervlakte onder de grafiek tussen t t = = 0 en 10 s  /  inzicht dat | 1 |  |  |  |
| P | goed aflezen van de snelheid op t = 10 s  /  bepalen van | 1 |  |  |  |
| P | omrekenen van km/h naar m/s (of van s naar h) | 1 |  |  |  |
| P | completeren van de bepaling | 1 |  |  |  |
| F3[2] |  |  |  |  |  | |  |  |  |
| I[2] | Van het optrekken van de bus is ook een (F,t)-diagram gemaakt. Zie {F3}.  Hierin is Fmotor de kracht waarmee de motor de bus aandrijft en Fres de resulterende kracht op de bus. Tussen t = 0 en t = 10 s is Fres constant. De waarde van Fres is af te lezen in het (F,t)-diagram.  Die waarde is ook te bepalen met behulp van het (v,t)-diagram. |  |  |  |  | |  |  |  |
| Q2 | Laat met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage zien dat beide waarden van  Fres met elkaar kloppen. | B2 |  | A | Er geldt: ,  waarin en . Hieruit volgt dat en dat klopt met de Fres in het (F,t)-diagram. | |  |  |  |
| C |  | |  |  |  |
| P | inzicht dat | 1 |  |  |  |
| P | bepalen van a uit het (v,t)- diagram, met een marge van 0,03 m/s2 | 1 |  |  |  |
| P | completeren van de bepaling van Fres | 1 |  |  |  |
| P | aflezen van Fres en consistente conclusie | 1 |  |  |  |
| I[3,4] | De wrijvingskracht op de bus bestaat uit de constante rolwrijvingskracht Fw,rol en de luchtwrijvingskracht Fw,lucht waarvan de grootte onder andere afhangt van de snelheid. |  |  |  |  | |  |  |  |
| I[3] | Voor de Superbus geldt: Fw,rol = 1,3·103 N. |  |  |  |  | |  |  |  |
| Q3 | Leg uit hoe uit {F3} blijkt dat Fw,rol = 1,3·103 N. | B3 |  | A | voorbeeld van een antwoord:  Op het tijdstip t = 0 s(of tussen t t = = 0 s en 10 s) is Fw,lucht gelijk aan 0.  Dan geldt: .  Uit het (F,t)-diagram blijkt dat . | |  |  |  |
| C |  | |  |  |  |
| P | inzicht dat op het tijdstip t = 0 s (of tussen t = 0 s en t = 10 s) Fw,lucht gelijk aan 0 is. | 1 |  |  |  |
| P | inzicht dat dan geldt dat | 1 |  |  |  |
| P | aflezen van Fmotor en Fres completeren van het antwoord. | 1 |  |  |  |
| I[4] | Na t = 105 s is de motorkracht constant. |  |  |  |  | |  |  |  |
| Q4 | Bepaal het vermogen dat de motor dan levert. | B4 |  | A | P = 3,3 ⋅ 105 W | |  |  |  |
| C | voorbeeld van een bepaling:  Voor het vermogen van de motor geldt: ,  waarin en . Hieruit volgt dat | |  |  |  |
| P | gebruik van | 1 |  |  |  |
| P | aflezen van (met een marge van ) | 1 |  |  |  |
| P | completeren van de bepaling | 1 |  |  |  |
| I[5,6] | De Superbus is zo ontworpen dat hij zo weinig mogelijk wrijvingskracht ondervindt.  De rolwrijvingskracht is recht evenredig met de massa van de bus. Voor de luchtwrijvingskracht Fw,lucht geldt de volgende formule:    Hierin is:  − cw de luchtwrijvingscoëfficiënt;  − ρ de dichtheid van de lucht (in kg/m3);  − A de frontale oppervlakte van de bus (in m2);  − v de snelheid van de superbus (in m/s). |  |  |  |  | |  |  |  |
| Q5 | Noem twee eigenschappen van de Superbus waaruit blijkt dat de ontwerpers geprobeerd hebben de luchtwrijvingskracht zo klein mogelijk te houden. | B5 |  | A | voorbeeld van antwoorden:  - De bus is goed gestroomlijnd (dus de cw-waarde is klein).  - De frontale oppervlakte (of de hoogte) van de bus is klein gehouden. | |  |  |  |
| C |  | |  |  |  |
| P | inzicht dat de bus goed is gestroomlijnd (dus de cw-waarde is klein). | 1 |  |  |  |
| P | inzicht dat de frontale oppervlakte (of de hoogte) van de bus klein is gehouden | 1 |  |  |  |
| I[6] | De Superbus is van licht materiaal gemaakt. |  |  |  |  | |  |  |  |
| Q6 | Beantwoord de volgende vragen:  − Beïnvloedt deze materiaalkeuze de rolwrijvingskracht? Licht je antwoord toe.  − Beïnvloedt deze materiaalkeuze de luchtwrijvingskracht? Licht je antwoord toe. | B6 |  | A | voorbeeld van antwoorden:  - De rolwrijvingskracht is (relatief) klein want als het materiaal licht is, is de massa van de bus (relatief) klein.  - De luchtwrijvingskracht hangt niet af van de massa van de bus.  *Opmerking:*  *Als er geen toelichting gegeven is: geen punten.* | |  |  |  |
| C |  | |  |  |  |
| P | inzicht dat de rolwrijvingskracht (relatief) klein is omdat het materiaal licht is en dat daardoor de massa van de bus (relatief) klein is | 1 |  |  |  |
| P | inzicht dat de luchtwrijvingskracht niet afhangt van de massa van de bus. | 1 |  |  |  |
| I[7] | De actieradius van de Superbus is de afstand die hij bij gemiddeld energieverbruik kan afleggen als zijn accu’s helemaal gevuld zijn.  De Superbus heeft 324 accu’s; in elke accu kan 0,74 kWh energie worden opgeslagen. De bus verbruikt gemiddeld 0,83 kWh per kilometer. |  |  |  |  | |  |  |  |
| Q7 | Bereken de actieradius van de Superbus. Neem daarbij aan dat alle opgeslagen energie wordt verbruikt. | B7 |  | A | De actieradius is gelijk aan | |  |  |  |
| C | voorbeeld van een berekening:  In de accu’s is energie opgeslagen. De actieradius is gelijk aan | |  |  |  |
| P | berekenen van de totale hoeveelheid energie in de accu’s | 1 |  |  |  |
| P | inzicht dat de actieradius gelijk is aan | 1 |  |  |  |
| P | completeren van de berekening | 1 |  |  |  |