

Opgave 2 Vliegwiel

In een vliegwiel wordt bewegingsenergie (rotatie-energie E_{rot}) opgeslagen.

Als het vliegwiel, zonder te draaien, zich verplaatst met snelheid v geldt voor de kinetische energie: $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2$.

Als een vliegwiel met een vorm zoals afgebeeld in figuur 2, zich niet verplaatst maar wel om zijn as draait, geldt voor de kinetische energie: $E_{\text{rot}} = \alpha mv_{\text{rand}}^2$. Hierin is v_{rand} de snelheid van een punt op de buitenste rand van het vliegwiel, m de massa van het vliegwiel en α een constante.

- 2p **6** Leg uit waarom α wel kleiner moet zijn dan $\frac{1}{2}$.

In de Verenigde Staten rijden treinen met grote vliegwielen. In figuur 2 zijn de afmetingen van zo'n vliegwiel aangegeven. De buitenste rand van het vliegwiel mag bij een stilstaande trein maximaal een snelheid bereiken van 1000 m s^{-1} .

Onder het toerental verstaan we het aantal omwentelingen per minuut.

- 3p **7** Bereken het maximaal toegestane toerental.

Bij te hoge toerentallen bestaat het gevaar dat stukjes materiaal van de buitenste rand van het vliegwiel afvliegen. Daarom moet de kracht groot zijn waarmee het materiaal van de buitenrand hecht aan de rest van het vliegwiel.

- 3p **8** Bereken bij het vliegwiel van een stilstaande trein de verhouding tussen de hechtende kracht op een stukje materiaal aan de buitenrand en de zwaartekracht op dat stukje.

Als een trein een helling oprijdt, zal de trein snelheid verliezen als het motorvermogen gelijk blijft en de wrijvingskrachten niet veranderen. Men wil echter de snelheid van de trein constant houden. Daarom wordt er voortdurend rotatie-energie van het vliegwiel toegevoerd aan de trein. Voor het gebruikte vliegwiel is bovengenoemde α gelijk aan $\frac{1}{4}$.

Aan het begin van de helling draait de buitenste rand van het vliegwiel met 600 m s^{-1} . De lengte van de helling is 3,2 km. De hellingshoek is $4,0^\circ$. De massa van het vliegwiel is $8,6 \cdot 10^3 \text{ kg}$. De massa van de trein (inclusief vliegwiel) is $2,4 \cdot 10^5 \text{ kg}$. Verwaarloos bij de overdracht van energie van het vliegwiel naar de trein de verliezen door wrijving en warmte.

- 4p **9** Bereken de snelheid van een punt op de omtrek van het vliegwiel aan het eind van de helling.

figuur 2

