

Latin American Tower

Op 19 september 1985 trilde de grond onder Mexico-Stad hevig gedurende drie minuten. Vele gebouwen stortten in, maar de 182 m hoge Latin American Tower (zie figuur 1) doorstond de aardbeving zonder noemenswaardige schade. Hetzelfde gold voor de meeste lage gebouwen in de stad.

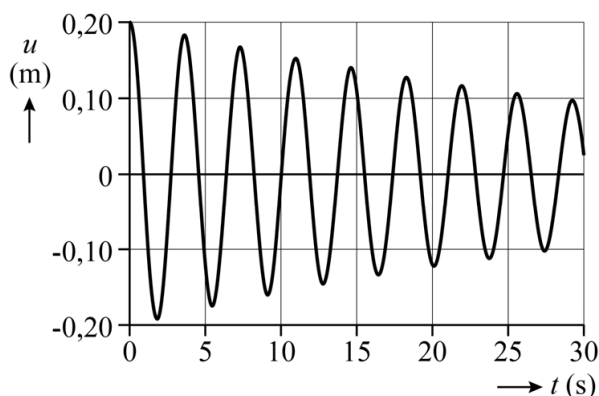
Gebouwen hebben eigenfrequenties die gemeten kunnen worden. Wanneer een gebouw tijdens een aardbeving begint te trillen in zijn laagste eigenfrequentie (de grondtoon, f_{grond}), kunnen er ernstige beschadigingen aan het gebouw optreden.

figuur 1



De (u,t) -grafiek in figuur 2 laat een meting zien van de horizontale uitwijking van de top van de Latin American Tower na een kleinere aardbeving dan die van 1985. De toren trilde daarbij in haar grondtoon.

figuur 2



Figuur 2 is vergroot weergegeven op de uitwerkbijlage.

- 3p **22** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de frequentie van de grondtoon van de Latin American Tower. Noteer je antwoord in drie significante cijfers.

Op de uitwerkbijlage is de beweging van de top van de toren in de eerste seconden van de meting te zien.

- 4p **23** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de gemiddelde versnelling van de top van de Latin American Tower in het traject van $u = 0,20$ m naar $u = 0$ m. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

Voor haar profielwerkstuk onderzoekt Sara het trilgedrag van de Latin American Tower. Het trilgedrag van hoge gebouwen laat ook boventonen zien.

Bij een liniaal die aan één kant is ingeklemd zijn de grond- en boventonen te berekenen met:

$$f = (2n - 1) \frac{v}{4l} \quad (1)$$

Hierin is:

- f de frequentie van de grond- of boventoon
- n een geheel getal dat verwijst naar de grond- of boventoon
- v de golfsnelheid
- l de lengte van de liniaal

2p **24** Leid formule (1) af met behulp van formules uit het informatieboek.

In figuur 3 zijn twee van de gemeten boventonen van de Latin American Tower weergegeven.

figuur 3

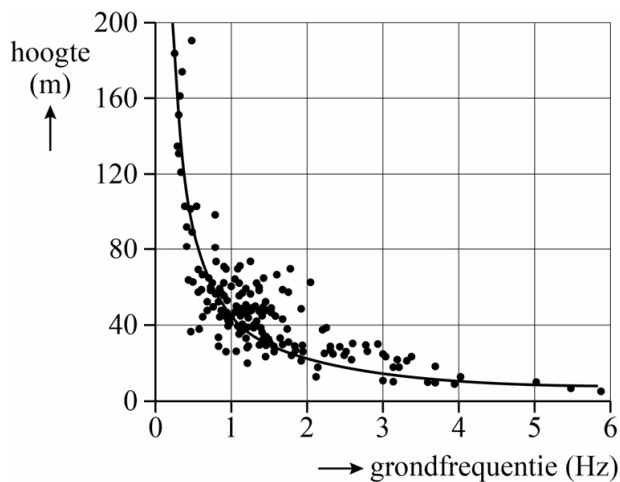
	f (Hz)
eerste boventoon van de Latin American Tower	0,654
tweede boventoon van de Latin American Tower	1,03

Sara formuleert de hypothese dat de verhouding tussen de eerste en de tweede boventoon van de Latin American Tower overeenkomt met die van een liniaal die aan één kant is ingeklemd.

4p **25** Toon aan of Sara's hypothese klopt binnen een marge van 10%.

Van een groot aantal gebouwen zijn zowel de hoogte h als de grondfrequentie f_{grond} bepaald. In figuur 4 zijn deze meetwaarden uitgezet in een grafiek. In de grafiek is ook de trendlijn getekend. Deze geeft het gemeten verband weer tussen de grootheden h en f_{grond} .

figuur 4



figuur 5

grondfrequentie (Hz)	hoogte (m)
0,5	96
1,5	32
2,5	20
4,0	12

Sara vermoedt dat de trendlijn in figuur 4 een omgekeerd evenredig verband laat zien. Ze bepaalt van een aantal punten op de trendlijn de coördinaten. Haar resultaten zijn in figuur 5 weergegeven. Deze tabel staat ook op de uitwerkbijlage.

- 2p **26** Toon met behulp van de tabel op de bijlage aan of de vier punten aan een omgekeerd evenredig verband voldoen.

Tijdens de aardbeving van 1985 begon de zachte bodem onder Mexico-Stad heftig te trillen. Vooral gebouwen met een hoogte tussen 25 m en 70 m liepen hierbij grote schade op. Uit dit gegeven kan, met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage, bepaald worden tussen welke twee waarden de frequentie van de bodemtrillingen waarschijnlijk heeft gelegen.

- 3p **27** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage deze minimum- en maximumfrequentie. Geef in de figuur iedere frequentie aan met een verticale lijn.

Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift.