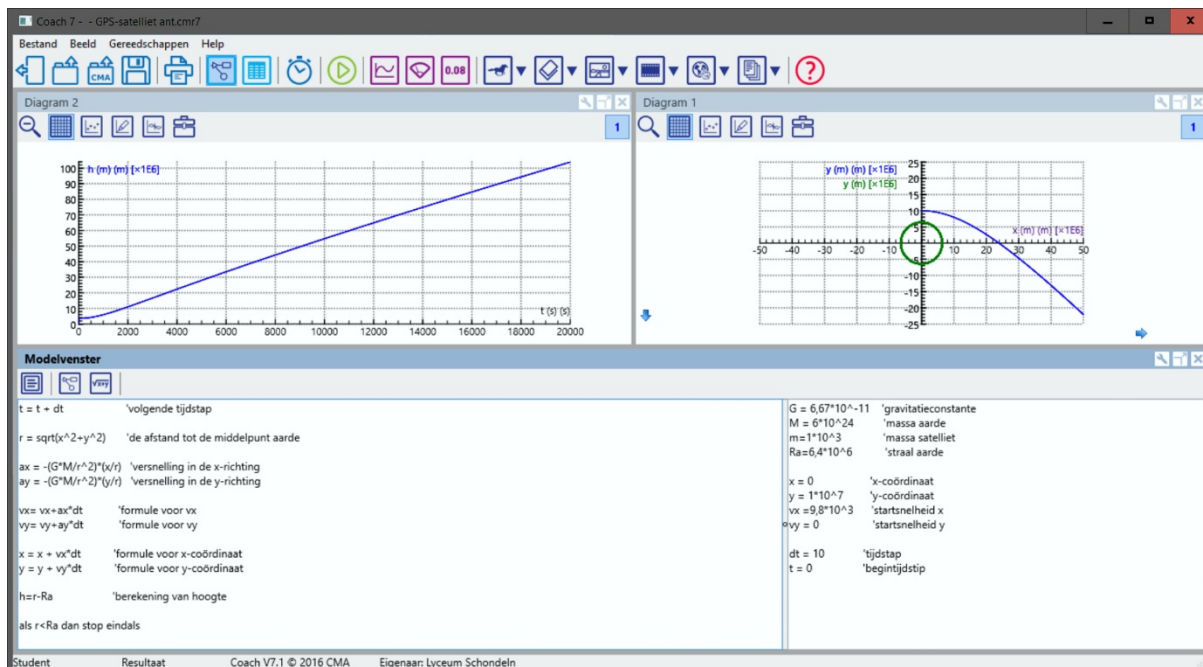


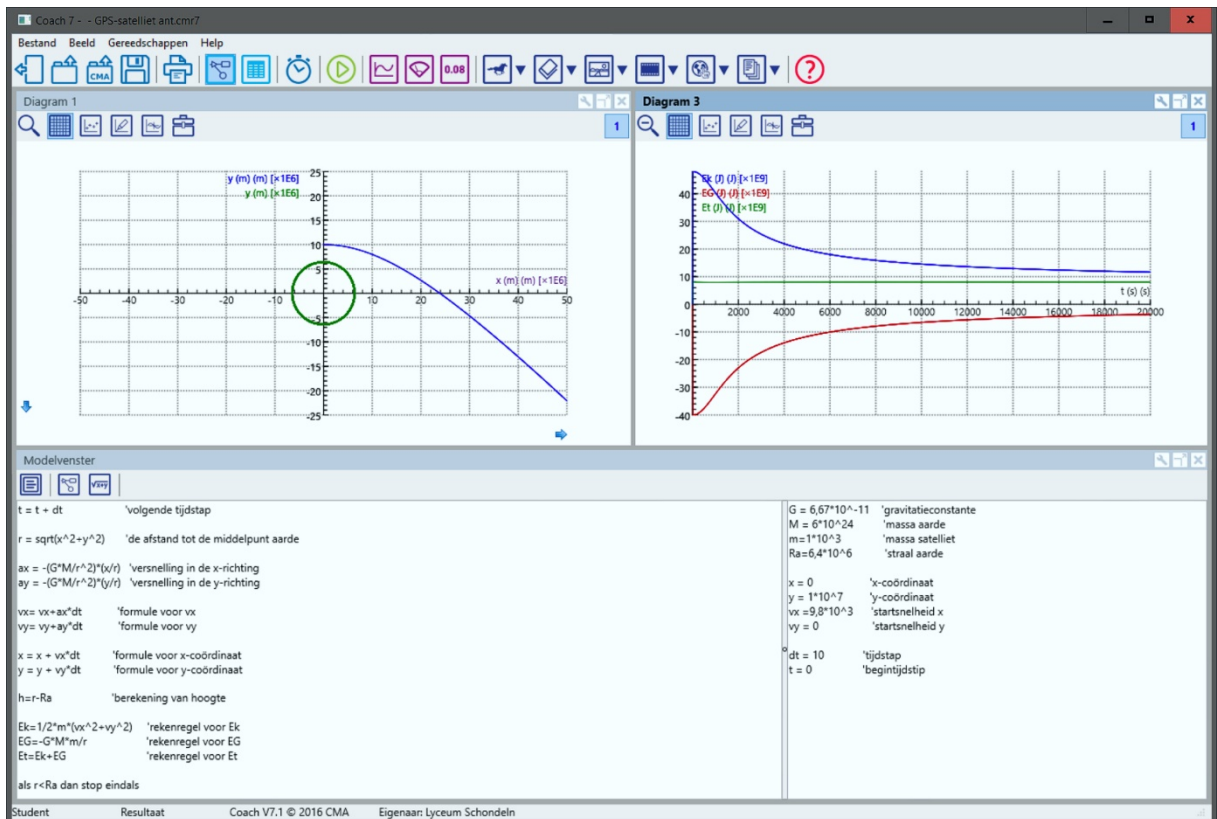
## Coach-modelleren

### Opgave: GPS-satelliet

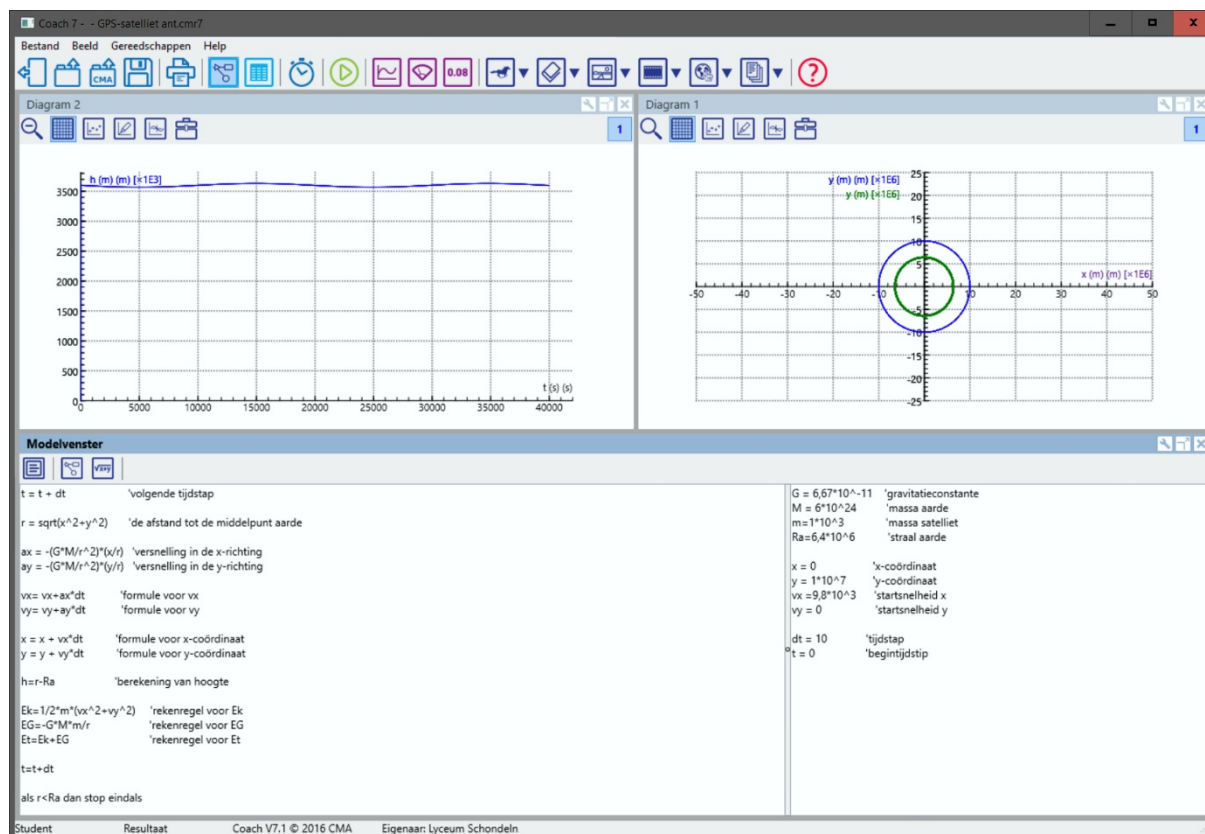
- a) Je hoeft enkel en alleen een regel voor de hoogte  $h$  toe te voegen.  
Er geldt dat  $h = r - R_a$ .  
Toevoeging van deze regel leidt tot onderstaand resultaat.



b) Toevoegen van de drie rekenregels levert onderstaand resultaat.



c) Na een beetje proberen vind je ongeveer 6326 m/s als beste oplossing.



De lichte golfbeweging die je ziet, is het gevolg van numerieke onnauwkeurigheid. Je kunt dit effect kleiner maken door de stapgrootte  $dt$  kleiner te maken. Zet het aantal iteraties maar naar 200.000 en  $dt$  naar 0,1 en het effect is vrijwel verdwenen. Ter controle:

$$1) F_r = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

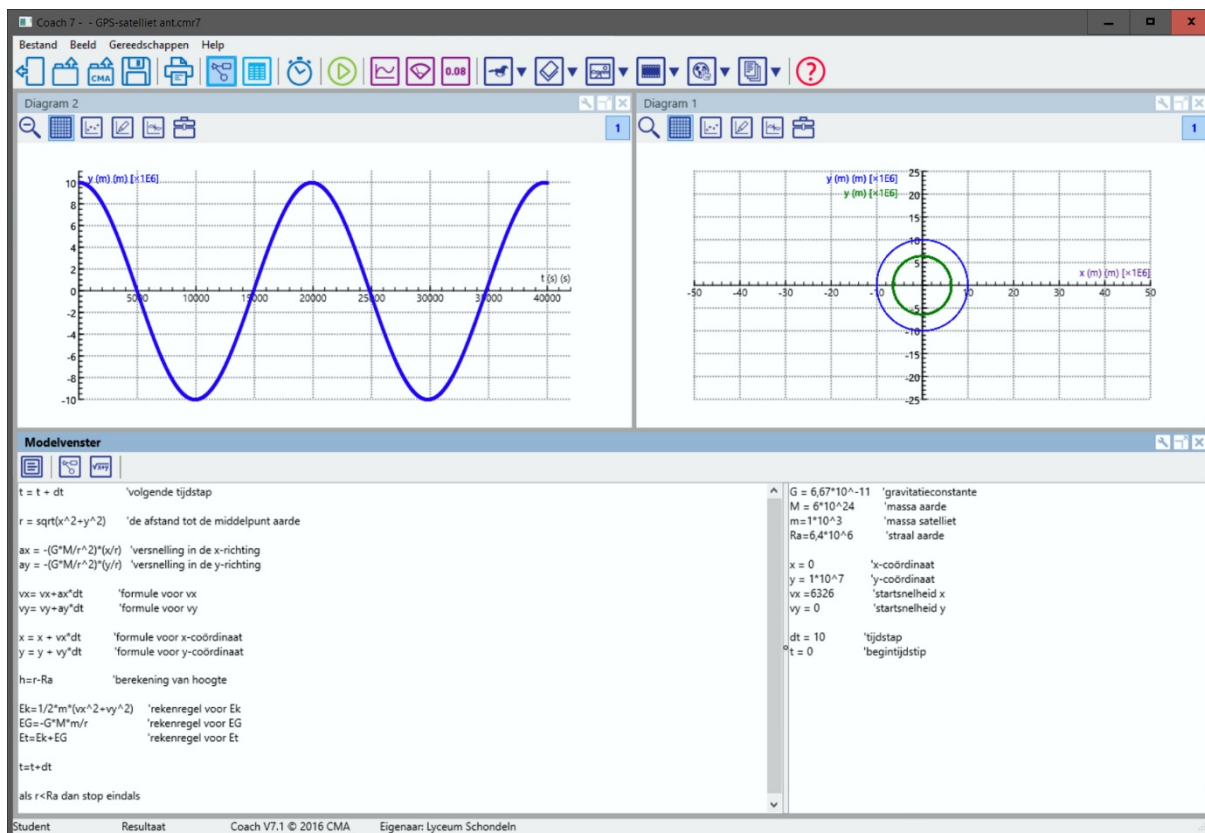
$$2) F_r = F_G = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

$$\Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{r} = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{1 \cdot 10^7}} = 6326 \text{ m/s}$$

Overigens kun je een dergelijke controle maar zelden uitvoeren, omdat een exacte oplossing vaak helemaal niet mogelijk is.

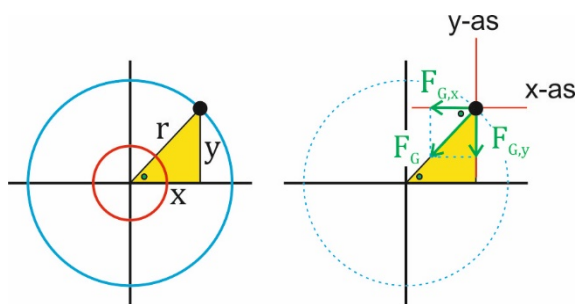
- d) De omlooptijd is gemakkelijk te bepalen door een (y,t) of een (x,t)-diagram te maken. Dit levert een diagram zoals weergegeven in onderstaande afbeelding. Hieruit is eenvoudig met behulp van de optie "lees uit" de omlooptijd te bepalen.



Uit dit diagram volgt een omlooptijd van  $19850/2 = 9925 \text{ s} = 2,7 \text{ uur}$ .  
 Een geostationaire baan heeft een omlooptijd van 24 uur.  
 Dus nee, dit is geen geostationaire baan.

- e) Er geldt:

$$\begin{aligned}
 1) \quad & F_{r,x} = m \cdot a_x \\
 2) \quad & F_{r,x} = F_{G,x} = F_G \cdot \cos(\alpha) \\
 & * F_G = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \\
 & * \cos(\alpha) = \frac{x}{r} \\
 \Rightarrow & F_{r,x} = \left( G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \right) \cdot \left( \frac{x}{r} \right) \\
 \Rightarrow & a_x = \frac{\left( G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \right) \cdot \left( \frac{x}{r} \right)}{m} = \left( G \cdot \frac{M}{r^2} \right) \cdot \left( \frac{x}{r} \right)
 \end{aligned}$$



Een soortgelijke afleiding geldt voor  $a_y$ .