

Physik * Jahrgangsstufe 10 * Eindimensionale Bewegungen

Beschreibung eines Raketenstarts mit Hilfe der Methode der kleinen Schritte

Bezeichnungen: Raketenmasse m_R (ohne Treibstoff)
Masse m_T des Treibstoffs
Gesamtmasse $m = m_R + m_T$
Massendurchsatz $\frac{\Delta m_T}{\Delta t}$ des Treibstoffs
Austrittsgeschwindigkeit u des Gases



Die Schubkraft der Rakete ergibt sich damit zu $F_{\text{Schub}} = \frac{\Delta m_T}{\Delta t} \cdot u$

Im zeitlichen Abstand von Δt berechnen wir mit Hilfe der Tabellenkalkulation EXCEL die jeweils neuen Werte für die Gesamtmasse der Rakete, die beschleunigende Kraft, die Beschleunigung, die Geschwindigkeit sowie die erreichte Flughöhe aus.

Anfangswerte: Gesamtmasse $m = m_R + m_T$; $F_{\text{Schub}} = \frac{\Delta m_T}{\Delta t} \cdot u$ (F_{Schub} bleibt konstant!)

$$a = a_{\text{alt}} = 0 ; v = v_{\text{alt}} = 0 ; h = h_{\text{alt}} = 0 ; t = t_{\text{alt}} = 0$$

Nach Newton II gilt: $F_{\text{res}} = m \cdot a \Rightarrow \frac{F_{\text{res}}(t)}{m(t)} = a(t) = \frac{\Delta v(t)}{\Delta t}$ und $\Delta v(t) = a(t) \cdot \Delta t$

Die neuen Werte nach der Zeit Δt kann man daher folgendermaßen berechnen:

| | |
|-----------------------|---|
| Zeit seit dem Start: | $t_{\text{neu}} = t_{\text{alt}} + \Delta t$ |
| Gesamtmasse | $m_{\text{neu}} = m_{\text{alt}} - \Delta m_T$ |
| Beschleunigende Kraft | $F_{\text{neu}} = F_{\text{Schub}} - m_{\text{neu}} \cdot g$ |
| Beschleunigung | $a_{\text{neu}} = F_{\text{neu}} / m_{\text{neu}}$ |
| Geschwindigkeit | $v_{\text{neu}} = v_{\text{alt}} + \Delta v = v_{\text{alt}} + a_{\text{neu}} \cdot \Delta t$ |
| Höhe | $h_{\text{neu}} = h_{\text{alt}} + \Delta h = h_{\text{alt}} + v_{\text{neu}} \cdot \Delta t$ |

Aufgabe:

a) Erstellen Sie eine Excel-Tabelle, in der Sie t , $m(t)$, $F(t)$, $a(t)$, $v(t)$ und $h(t)$ für die ersten 25 Sekunden eines Raketenstarts ermitteln. Verwenden Sie dabei die folgenden Vorgaben:

| | | | |
|------------------|---|---------------------|-------------------------------------|
| Raketenmasse: | $m_R = 60 \text{ kg}$ | Treibstoffmasse: | $m_T = 50 \text{ kg}$ |
| Massendurchsatz: | $\frac{\Delta m_T}{\Delta t} = \frac{2,0 \text{ kg}}{\text{s}}$ | Gasgeschwindigkeit: | $u = 800 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ |
| Zeitintervall: | $\Delta t = 1,0 \text{ s}$ | | |

b) Stellen Sie die Höhe $h(t)$ als Funktion von t in einem Excel-Diagramm anschaulich dar.

c) Ist die tatsächlich von der Rakete erreichte Höhe $h(25\text{s})$ nach 25 Sekunden größer oder kleiner als der mit der Exceltabelle ermittelte Wert? Begründen Sie!

d) Wie könnte man die erreichte Höhe nach 25 s noch genauer ermitteln?

Beschreibung eines Raketenstarts mit Hilfe der Methode der kleinen Schritte

Ausschnitte aus der Excel-Datei „Raketenstart-01.xls“

| Zeit t in s | Masse m in kg | Gewicht in N | Beschleunigung in m/s ² | Geschwind. in m/s | Höhe in m |
|----------------|------------------|-----------------|---------------------------------------|----------------------|--------------|
| 0 | 110 | 1079,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 108 | 1059,48 | 4,74 | 4,74 | 4,74 |
| 2 | 106 | 1039,86 | 5,00 | 9,74 | 14,48 |
| 3 | 104 | 1020,24 | 5,28 | 15,02 | 29,50 |
| 4 | 102 | 1000,62 | 5,57 | 20,60 | 50,10 |
| 5 | 100 | 981,00 | 5,88 | 26,48 | 76,58 |
| 6 | 98 | 961,38 | 6,19 | 32,67 | 109,24 |
| 7 | 96 | 941,76 | 6,52 | 39,18 | 148,42 |
| 8 | 94 | 922,14 | 6,86 | 46,04 | 194,46 |
| 9 | 92 | 902,52 | 7,21 | 53,25 | 247,71 |
| 10 | 90 | 882,90 | 7,58 | 60,83 | 308,54 |
| 11 | 88 | 863,28 | 7,97 | 68,80 | 377,34 |
| 12 | 86 | 843,66 | 8,37 | 77,17 | 454,51 |
| 13 | 84 | 824,04 | 8,79 | 85,97 | 540,48 |
| 14 | 82 | 804,42 | 9,24 | 95,20 | 635,68 |
| 15 | 80 | 784,80 | 9,70 | 104,91 | 740,59 |
| 16 | 78 | 765,18 | 10,19 | 115,10 | 855,68 |
| 17 | 76 | 745,56 | 10,70 | 125,80 | 981,48 |
| 18 | 74 | 725,94 | 11,24 | 137,04 | 1118,52 |
| 19 | 72 | 706,32 | 11,81 | 148,85 | 1267,37 |
| 20 | 70 | 686,70 | 12,41 | 161,26 | 1428,64 |
| 21 | 68 | 667,08 | 13,05 | 174,31 | 1602,95 |
| 22 | 66 | 647,46 | 13,72 | 188,03 | 1790,98 |
| 23 | 64 | 627,84 | 14,43 | 202,46 | 1993,44 |
| 24 | 62 | 608,22 | 15,19 | 217,65 | 2211,10 |
| 25 | 60 | 588,60 | 16,00 | 233,65 | 2444,75 |

