

Lösungshinweise zum Hochsprung

Im Kindermuseum von Hiroshima können Besucher aus vorgefertigten Pappen Hüpfen mit einer eigenartigen Sprungtechnik herstellen. Papierbänder, die in der Gelenkmitte angeklebt werden, verwandeln die Hüpfen in Flugschlangen.

Zum Start wird der Hüpfen möglichst weit gestreckt. Wer ihn nicht blitzschnell aus dieser Lage loslassen kann, falte die beiden Pappstücke mit den Rückseiten zusammen. Aus dieser Lage klappt sich der Hüpfen in Zeitlupe auf, ehe er losspringt.

Das Gummiband schnellt zusammen und stellt den Pappwinkel zu einem immer steileren Dach auf. Der Hüpfen hebt ab, die Pappen knallen zusammen und steigen wie ein Geschoss leicht einen Meter und mehr nach oben.

Physik beim Hochsprung

Die Absprunggeschwindigkeit beim Hochsprung lässt sich aus dem Energiesatz $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ zu $v = \sqrt{2gh} \approx 5,4 \text{ m/s}$ ermitteln. Die Aufwärtsbeschleunigung des Schwerpunkts kann auf zwei Arten abgeschätzt werden.

1. aus dem Beschleunigungsweg des Schwerpunkts

Nimmt man einen Beschleunigungsweg von ca. $s = 0,5 \text{ m}$ an, so errechnet sich aus $s = \frac{1}{2}at^2$ und der Geschwindigkeit $v = a \cdot t$ die Beschleunigung $a = \frac{v^2}{2s} \approx 29 \text{ m/s}^2$.

2. aus der Zeit für die Aufwärtsbeschleunigung

Beobachtungen zeigen, dass einem Hochspringer für die Aufwärtsbeschleunigung höchstens $0,2 \text{ s}$ bleiben. Damit folgt für die Beschleunigung $a = \frac{v}{t} \approx 27 \text{ m/s}^2$.

Während es die Erde unseren Hochspringern im wahrsten Sinne des Wortes schwer macht ihren Schwerpunkt auch nur um die Hälfte der eigenen Körpergröße anzuheben, darf sich der Kleine Prinz auf seinem Asteroiden B 612 nur mit allergrößter Vorsicht bewegen.

Newton'sches Gravitationsgesetz

$$\begin{aligned}
 F &= \gamma \frac{M \cdot m}{r^2} \\
 &= \gamma \frac{\rho V m}{r^2} \\
 &= \frac{4}{3} \gamma \rho m r \quad (1)
 \end{aligned}$$

Ist die Dichte der Erde und des Asteroiden B 612 gleich, dann verhalten sich die Anziehungskräfte proportional zum Radius (vgl. Newtonsches Gravitationsgesetz). Für die Schwere-Beschleunigung g_A auf dem B 612 gilt somit $g_A = \frac{R_A}{R_E} \cdot g_E \approx 1,54 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}^2$. ($g_E = 9,81 \text{ m/s}^2$, $R_E = 6370 \text{ km}$, $R_A = 0,1 \text{ km}$)

Nimmt man für den Absprung $v = 5,4 \text{ m/s}$ und g_A als konstant an, dann erreicht der Kleine Prinz eine Höhe von ca. 95 km.

Tatsächlich muss man bei solchen Höhen die Abnahme der Gewichtskraft mit dem Abstand vom Stern nach dem Newtonschen Gravitationsgesetz berücksichtigen. Überschreitet der Kleine Prinz durch eine einzige ungeschickte Bewegung die Fluchtgeschwindigkeit von etwa $0,6 \text{ km/h}$, dann wird er für immer im Weltall verschwinden. Auf der Erde beträgt diese Fluchtgeschwindigkeit etwa 40000 km/h .

Folgende Schüler haben brauchbare Lösungen eingesandt:

Constantin Möbius, Jg. 13 Kolleg St. Sebastian, Stegen

Laura Schaufler, Timo Schweinle, Lisa Zimmermann, Swaantje Hafner Klasse 7c, Herzog Christoph-Gymnasium, Beilstein

Ann-Katrin Müller, Miriam Kunz, Latoya Schüle, Susanne Drüke, Britta Deutscher Klasse 9, Herzog Christoph-Gymnasium, Beilstein

Eva Gentner, Klasse 10b, Hariolf-Gymnasium, Ellwangen/Jagst