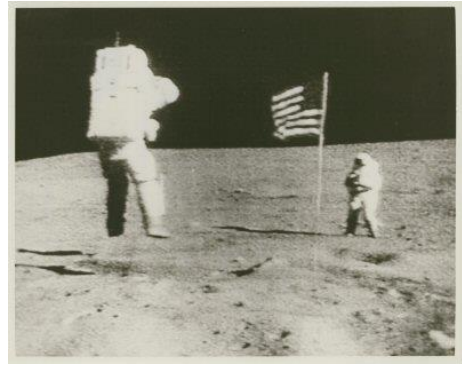
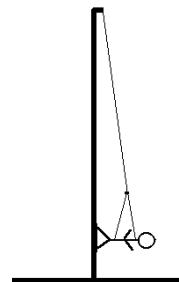
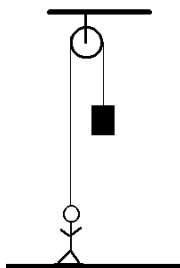
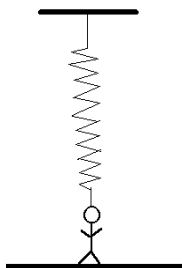


Welcher von den Dreien?

Auf dem Mond beträgt die Schwerkraft nur $1/6$ des Wertes der Erde. Für die Ausbildung und Vorbereitung der amerikanischen Astronauten, die Ende der 1960-er Jahre an den Mondlandungen teilnehmen sollten, war es daher sehr wichtig, Gehen, Laufen und Springen unter solch veränderten Schwerkraftverhältnissen zu trainieren. Leider lässt sich auf der Erde die Schwerkraft nicht einfach um $5/6$ reduzieren. Daher wurde über mechanische Konstruktionen nachgedacht, die den Astronauten auf der Erde ein Gefühl dafür geben sollten, wie man sich auf der Mondoberfläche bewegt.



Im Weiteren werden Ihnen drei Vorschläge für die Umsetzung solcher Simulatoren gemacht. Diese mechanischen Hilfsmittel sollen vor allem das Springen auf dem Mond nachstellen können.



Vorschlag 1: Der Spiralfeder-Simulator:

Dieser Simulator verwendet eine lange Spiralfeder, die so eingestellt (gedehnt) werden muss, dass durch ihre Federkraft $5/6$ des Astronautengewichts kompensiert wird.

Vorschlag 2: Der Gegengewicht-Simulator:

Hier soll ein Gegengewicht die Gewichtskraft des Astronauten um $5/6$ kompensieren, damit er nur noch $1/6$ seines Körpergewichts auf seinen Füßen spürt.

Vorschlag 3: Der Seil-Simulator:

Bei diesem Simulator hängt der Astronaut waagrecht an einem Seil. Die Länge des Seils und der Winkel zur Wand müssen so eingestellt werden, dass die Füße des Astronauten mit nur $1/6$ seines Gewichts belastet werden. Drückt er sich von der Wand ("Boden") ab, bewegt er sich am Seil hängend nach rechts und entfernt sich somit vom „Boden“.

Einer dieser drei Simulatoren kommt dem Bewegungsablauf auf dem Mond hinsichtlich Sprunghöhe und Zeitablauf am nächsten und wurde in den 1960-er Jahren zur Vorbereitung der Astronauten auf ihre Mondlandung von der NASA tatsächlich realisiert. **Welcher ist es?**

Aufgaben

Diskutieren Sie in ihrer Gruppe und sammeln Sie Argumente für oder gegen die vorgestellten Simulatoren. Tragen Sie Ihre Entscheidung und Ihre Argumente im Plenum vor.

LÖSUNGEN

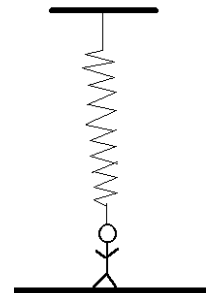
Astronautentraining

Wie bringt man Astronauten bei, sich unter veränderten Schwerkraftverhältnissen, wie beispielsweise auf dem Mond oder auf dem Mars, richtig zu bewegen? Insbesondere im Vorfeld der Mondlandungen in den 1960-er Jahren war dies eine wichtige Frage, die im Rahmen der Astronautenausbildung intensiv diskutiert wurde. Hinsichtlich einer bemannten Marsmission hat die Thematik aber auch heute noch eine gewisse Relevanz.

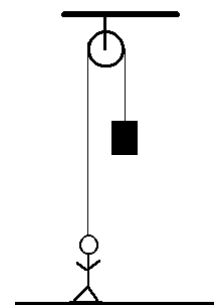
Es gibt keine Möglichkeit, die Schwerkraft der Erde an einem bestimmten Ort um $\frac{5}{6}$ zu reduzieren. Daher ist man auf mechanische, vielleicht auch elektronisch-pneumatische Systeme angewiesen, um mondtypische Bewegungsabläufe im Schwerfeld der Erde nachstellen zu können. Wenn wir beispielsweise einen senkrecht nach oben gerichtetem Sprung eines Astronauten genauer betrachten, wird deutlich, wo die Probleme liegen: Während der Flugphase dürfen sich die beschleunigende Kraft von $\frac{1}{6}$ der Erdanziehungskraft und die beschleunigte Masse nicht verändern. Die Umsetzung dieser Forderungen ist nicht so einfach, wie es auf den ersten Blick erscheinen mag.

Ideen

Eine nahe liegende Idee könnte z.B. sein, das Gewicht des Astronauten dadurch zu reduzieren, dass man ihn an eine Spiralfeder hängt. Sie würde so eingestellt, dass der Raumfahrer nur noch $\frac{1}{6}$ seines Gewichtes auf seinen Füßen spürt. Springt die Person allerdings nach oben, wird der Bewegungsablauf nicht so wie auf dem Mond sein. Der Grund liegt darin, dass sich die kompensierende Kraft der Feder beim Aufstieg des Astronauten ändert, weil ja die Feder verkürzt wird. Dem Hookeschen Gesetz zufolge nimmt die Kraft der Feder mit zunehmendem Aufstieg ab, der Astronaut spürt daher eine größer werdende Kraft Richtung Erdboden, so dass Flughöhe und Flugdauer kleiner als auf dem Mond ausfallen werden.



Das Problem der nichtkonstanten Kraft könnte man durch ein Gegengewicht und einer Umlenkrolle in den Griff bekommen. Das Gegengewicht müsste $\frac{5}{6}$ der Masse des Astronauten haben, sodass dieser auch während der Flugphase eine beschleunigende Kraft von $\frac{1}{6}$ der Erdanziehungskraft spüren würde. Dieser Bewegungssimulator stellt jedoch den Bewegungsablauf auf der Mondoberfläche noch schlechter nach, wie der vorherige mit der Spiralfeder. Das Problem liegt in der Masse, die hier bewegt werden muss, denn diese ist fast doppelt so groß wie die des Astronauten, was zu einem extrem trägen Bewegungsablauf führen muss. Die Situation entspricht der einer „Atwoodschen Fallmaschine“.



Die dritte Idee erscheint am unwahrscheinlichsten, wurde aber von der NASA technisch umgesetzt und zum Training von Astronauten intensiv genutzt. Der Raumfahrer wurde in einem Tragegeschirr waagrecht an Seilen aufgehängt. Die Wand stellte den Boden dar, von dem sich die Person abstoßen konnte. Physikalisch kommt der Bewegungsablauf bzgl. Sprunghöhe und Zeitablauf der Mondsituation in der Tat am nächsten - vorausgesetzt, das Seil wird nicht zu kurz gewählt.

