

**Allgemeine Hinweise:**

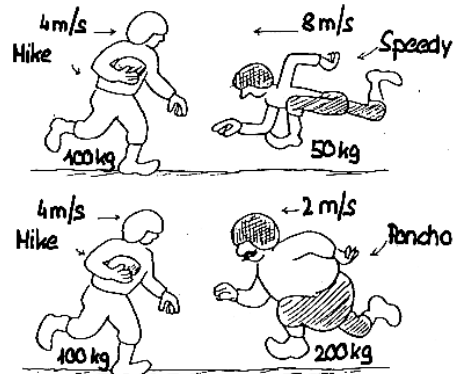
- Kommentieren Sie Ihre Lösungen! (Erläuterungen, Begründungen, Folgerungen)
- **Rechnen Sie in SI-Einheiten (kg, m, s etc.)**
- Überprüfen Sie die physikalischen Einheiten in Ihren Rechenschritten und Lösungen! (Vor allem bei längeren Rechenwegen!)
- Lesen Sie die Aufgaben zunächst alle einmal und beginnen Sie dann mit der für Sie einfachsten Aufgabe!

**Erlaubte Hilfsmittel:** Taschenrechner, Formelsammlung, Schreibutensilien

**Aufgabe 1: Erhaltungssätze**

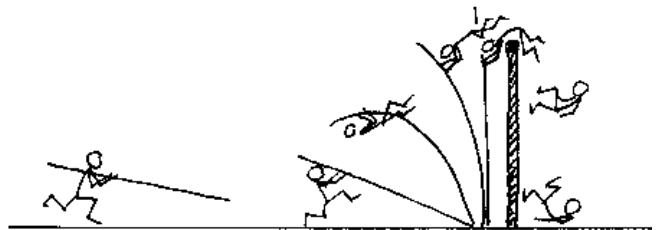
1904 wurden erstmalig Frauen zum Studium an deutschen Universitäten zugelassen, was allein deswegen schon ein großes Glück für die Naturwissenschaften war, weil Emmy Noether in diesem Jahr ihr Mathematikstudium aufnahm, das sie 1907 mit der Promotion abschloss (Professorin durfte sie aber zur damaligen Zeit nicht werden). Von Emmy Noether stammt der Beweis für eine der wichtigsten Grundlagen moderner Physik: das Noether-Theorem verknüpft elementare physikalische Größen wie Ladung, Impuls, Energie etc. mit geometrischen Invarianzen und Symmetrien. So folgt z.B. der Energieerhaltungssatz aus der Tatsache, dass das Ergebnis eines Experimentes unabhängig davon ist, wann es ausgeführt wird („Invarianz bei Zeittransformationen“).

- 1.1. Mighty Mike wiegt 100 kg und läuft mit 4 m/s über das Football-Feld. Speedy Gonzales wiegt nur 50 kg, läuft aber mit 8 m/s, während Ponderous Poncho 200 kg wiegt, aber nur 2 m/s schnell ist.
- a) Wer wird beim Aufprall Mike wirkungsvoller stoppen? Speedy, Poncho oder beide gleich? Betrachte das Problem physikalisch!
- b) Wer bricht Mike eher die Knochen? Speedy, Poncho oder beide gleich? Betrachte das Problem physikalisch!



- 1.2. Der Weltrekord im Stabhochsprung liegt bei 6,14 m (Bubka, 31.7.1994). Diskutiere (nur mit dir selbst, nicht mit den Nachbarn), ob eine wesentliche Verbesserung dieses Wertes möglich ist.

Beachte dazu folgendes: Die Aufgabenüberschrift. Welche Maximalgeschwindigkeit kann ein Mensch erreichen? Der Schwerpunkt des Springers befindet sich beim Absprung bereits auf einer Höhe von ca. 1 m. Gib nicht frühzeitig auf: Diese Aufgabe benötigt Zeit und gute Ideen!



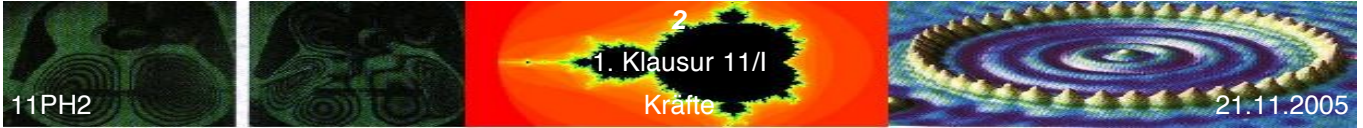
- 1.3. Unsere Erde wird niemals als schwarzes Loch enden (dazu bedarf es etwa der 40-fachen Sonnenmasse), genau so wenig ist sie eine Vollkugel mit homogener Massenverteilung. Nehmen wir trotzdem das Unmögliche an für eine erstaunliche Abschätzung.

Betrachte die Erde als Kugel konstanter Dichte, die mit der Periodendauer von 24 Stunden rotiert. Wie schnell würde sie rotieren, wenn sie auf ihren Schwarzschildradius von 0,9 cm zusammengeschrumpft wäre. (Der Schwarzschildradius ist die Grenze, die ein Objekt erreichen muss, damit auf seiner Oberfläche die Fluchtgeschwindigkeit größer als die Lichtgeschwindigkeit ist, sodass also nichts dem Objekt entkommt.)

**Aufgabe 2: Impulserhaltungssatz**

(Diese Aufgabe ist in wesentlichen Teilen von Herrn Stratmann übernommen, dem ich – ich hoffe ihr auch – an dieser Stelle herzlich danken möchte.) Im berühmten Knetfigurenanimationsfilm „Die unglaublichen Abenteuer von Wallace & Gromit“ findet sich folgende Szene: Gromit jagt einen Pinguin, den er als hinterlistigen Diamantenjäger entlarvt hat. Es kommt zu einer dramatischen Verfolgungsjagd auf deren Höhepunkt sich die dargestellte Situation ergibt: Gromit wird von dem Pinguin beschossen, sein Helm vermag Schlimmeres zu vermeiden.





Leerer Modellzug:  $m = 3,5\text{kg}$

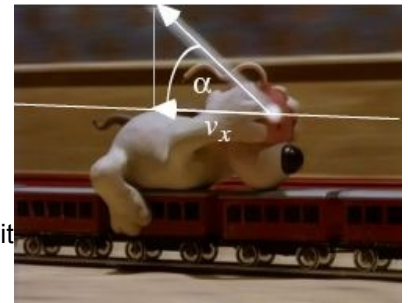
Gromit (der Hund, komplett)  $m = 825\text{g}$

Pinguin (mit Vollausrüstung):  $m = 425\text{g}$

Geschoss:  $m = 8,5\text{g}$

2.1. Der Zug fahre in der dargestellten Szene zunächst gleichförmig mit  $v = 9,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , in diesem Moment schießt der Pinguin das Geschoss mit  $v = 300 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  ab. Welche Geschwindigkeit hat der Zug nach dieser Straftat?

2.2. Nach dem Streifschuss an Gromits Helm ist die Geschwindigkeit des Zuges auf  $v' = 9,77 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  gesunken. Welche Geschwindigkeit hat das Geschoss nun noch in x-Richtung (horizontal), wenn wir die Winkelablenkung zunächst vernachlässigen?



2.3. Im Film schießt der Pinguin sein Magazin leer (6 Schüsse). Wie hoch könnte die Geschwindigkeit am Ende sein, Reibungs- und Antriebsfreiheit vorausgesetzt, sofern Gromit stets rechtzeitig den Kopf einzieht?

2.4. In Wirklichkeit ändert das Geschoss beim Abprall am Helm ja seinen Winkel, wobei die Gesamtgeschwindigkeit fast unverändert bleibt; daher ist die in 2.2. berechnete Geschwindigkeit nur die x-Komponente der Gesamtgeschwindigkeit. Bestimme den Winkel der Ablenkung des Geschosses beim Abprallen.

<b>Konstanten und Einheiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radius der Erde: <math>r_E = 6370 \text{ km}</math></li> <li>• Masse der Erde: <math>M_E = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}</math></li> </ul>	<p>Einige Trägheitsmomente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vollzylinder: <math>J_{VZ} = \frac{1}{2} m R^2</math></li> <li>• Hohlzylinder: <math>J_{HZ} = m R^2</math></li> <li>• Kugel: <math>J_K = \frac{2}{5} m R^2</math></li> </ul>	
-------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--