

- 1. Relativistische Geschwindigkeiten:** In elektrischen Feldern können Teilchen sehr hohe Geschwindigkeiten und damit sehr hohe **kinetische Energien** erreichen. In einem Elektronenmikroskop erreichen **Elektronen** kinetische Energien von **200 keV**.
  - a) Drücken Sie diese Energie in J aus. (*Lösung:*  $E_{kin} = 3,204 \cdot 10^{-14} \text{ J}$ )
  - b) Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Elektronen im Laborsystem unter Verwendung der relativistischen Energiebeziehung. (*Lösung:*  $0,7c$ )
  - c) Berechnen Sie analog die Geschwindigkeit von Protonen derselben Energie. (*Lösung:*  $0,021c$ )
  - d) Berechnen Sie die Geschwindigkeiten der beiden Teilchensorten klassisch. In welchem Fall weist die klassische Näherung einen merkbaren Unterschied zur relativistischen Rechnung auf?
- 2. Peter und Rolf, die Ballspieler.** Peter sitzt in einem Luftkissenboot nahe dem Ufer. Rolf steht auf der Kaimauer. Das Boot bewegt sich nicht, ist allerdings nicht festgemacht. Boot und Peter haben zusammen eine Masse von **165 kg**. Rolf wirft Peter einen **Medizinball (Masse: 5 kg)** zu. Peter fängt den Ball mit einer **Geschwindigkeit von  $3 \text{ m s}^{-1}$**  unter einem **Winkel von  $30^\circ$  zur Horizontalen** auf.
  - a) Mit welcher Geschwindigkeit bewegt sich das Boot, **nachdem Peter den Ball gefangen hat?** (*Lösung:*  $0,28 \text{ km h}^{-1}$ )Kurz darauf wirft Peter den Ball mit  **$3,5 \text{ m s}^{-1}$  (gemessen im System der ruhenden Kaimauer) unter einem Winkel von  $25^\circ$  zur Horizontalen** zu Rolf zurück.
  - b) Mit welcher Geschwindigkeit bewegt sich das Boot nach diesem Wurf? (*Lösung:*  $0,63 \text{ km h}^{-1}$ )

*Hinweis: Um welche Art von Stößen handelt es sich? Nehmen Sie an, dass das Boot beim Auftreffen des Balles nicht einsinkt und beachten Sie die Richtungen der Würfe.*
- Ein Holzblock hängt an einer Stange der Länge  **$L = 1 \text{ m}$**  mit vernachlässigbarem Eigengewicht. Der Block hat eine Masse von  **$M = 1 \text{ kg}$** . Zunächst wird die Masse um einen Winkel  **$\alpha = 30^\circ$**  ausgelenkt.
  - a) Auf welcher Höhe  **$h$**  befindet sich der Block nach der Auslenkung? (*Lösung:*  $13,4 \text{ cm}$ )Der Holzblock wird nun losgelassen. Am Fußpunkt seiner Bahn wird er von einem Projektil mit der Masse  **$m = 10 \text{ g}$**  getroffen, welches im Block steckenbleibt. Block und Projektil werden vollständig abgebremst.
  - b) Wie groß war die Geschwindigkeit des Projektils? (*Lösung:*  $162,15 \text{ m s}^{-1}$ )

*Hinweis: Alle Massen können als punktförmig betrachtet werden.*
- 4. Die stabile Bierdose:** Peter und Rolf trinken Bier aus Dosen. Peter stößt versehentlich seine noch fast volle Dose, die am Tisch steht, an. Zum Glück kippt die Dose nicht um. Peter behauptet, das sei eh klar, die Dose ist ja noch fast voll und daher so schwer, dass sie kaum umkippen kann.

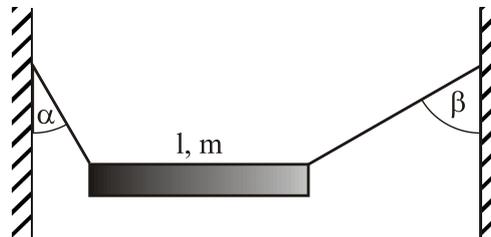
Rolf denkt kurz nach und liefert dann folgende Argumentation, warum die volle Dose nicht am stabilsten steht: Geht man von einer ideal zylindrischen Dose der **Höhe  $h$**  mit verschwindender Wandstärke, aber **endlicher Masse  $m_D$**  aus, so liegt der Schwerpunkt im **vollen wie im leeren Zustand bei  $h/2$** .

Beim Entleeren **sinkt allerdings der Schwerpunkt mit dem Flüssigkeitsspiegel ab.**

- Berechnen Sie die **Höhe des Flüssigkeitsspiegels, bei der der Schwerpunkt am tiefsten liegt.** Gegeben ist, neben  $m_D$  und  $h$ , die Masse  $m_F$  der Flüssigkeit, wenn die Dose voll gefüllt ist.
- Wieviel Bier muß Peter aus seiner gut gekühlten 0,5 L Standardgetränkedose ( $m_D = 16,1 \text{ g}$ , Dichte von Bier bei  $8,5^\circ\text{C}$   $\rho_B = 0,995 \text{ g cm}^{-3}$ , Dosenradius  $r_D = 3,25 \text{ cm}$ ) trinken, damit die Lage des Schwerpunktes am tiefsten ist? (*Lösung:* 0,425 L)

*Hinweis: Der Radius der Flüssigkeitssäule entspreche dem Dosenradius (Wandstärke vernachlässigt) und die Flüssigkeitssäule sei ideal zylindrisch.*

- Ein **Vollzylinder** sowie ein *dünnwandiger Hohlzylinder* mit gleicher Masse  $m$  und gleichem Radius  $r$  rollen über eine **schiefe Ebene** mit Neigungswinkel  $\alpha$ .
  - Skizzieren Sie, welche **Kräfte bzw. Drehmomente** auf die Körper wirken.
  - Wie groß ist die **Beschleunigung  $a$**  der beiden Körper?
  - Berechnen Sie *unter Verwendung des Energiesatzes* die **Rollgeschwindigkeit  $v$  in Abhängigkeit des zurückgelegten Weges  $s$** . In welcher **Zeit  $t$**  wird  $s$  zurückgelegt?
  - In welchem Verhältnis stehen **die kinetische Energie der Translation** und **die kinetische Energie der Rotation** zueinander?
- Ein inhomogener Balken (**Länge  $l = 10 \text{ m}$ , Masse  $m = 81,5 \text{ kg}$** ) hängt an zwei leichten Seilen und befindet sich im Gleichgewicht. Das eine Seil schließt mit der Vertikalen den Winkel  $\alpha = 30^\circ$  ein, das andere den Winkel  $\beta = 60^\circ$  (siehe Abbildung).



- Berechnen Sie die in den beiden Seilen wirkenden Kräfte! (*Lösung:*  $T_1 = 400 \text{ N}$ ,  $T_2 = 692,4 \text{ N}$ )
- An welcher Stelle des Balkens befindet sich sein Schwerpunkt? (*Lösung:* 2,5 m vom linken Ende)