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: $E_{kin} = 3.204 \cdot 10^{-14}$ J)*
b) Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Elektronen im Laborsystem unter Verwendung der relativistischen Energiebeziehung. *(Lösung: $v = 0.7$ c)*
c) Berechnen Sie analog die Geschwindigkeit von Protonen derselben Energie. *(Lösung: $v = 0.021$ c)*
d) Berechnen Sie die Geschwindigkeiten der beiden Teilchensorten klassisch. In welchem Fall weist die klassische Näherung einen merkbaren Unterschied zur relativistischen Rechnung auf?

2. **Unachtsames Kanonenboot.** Ein Kanonenboot mit der Masse $\boldsymbol{M = 8}$ **t** hat **5 Projektile** mit je $\boldsymbol{m_p = 70}$ **kg** an Bord. Das anfangs ruhende Boot feuert **ein Projektil** mit der **Mündungsgeschwindigkeit** $\boldsymbol{v = 300}$ $\mathbf{ms^{-1}}$ **in einem Winkel von** $\boldsymbol{\alpha = 45°}$ von der **Heckkanone** ab.

a) Man fertige eine Skizze für die Situation des Bootes **vor** und **nach** dem Abschuss des Projektils an. Die Skizze muss alle relevanten Größen ($\boldsymbol{M}$, $\boldsymbol{m_p}$, die **Richtung von** $\boldsymbol{v}$ und die **Bewegungsrichtung des Bootes**) enthalten.
b) Wie schnell bewegt sich das Schiff nach dem Schuss?

Durch einen Fehler wurde eine in der Nähe befindliche große, aber nicht verankerte **Schwimmplattform (Masse** $\boldsymbol{M_{Pl} = 200}$ **t)** übersehen. Das Boot prallt auf die Plattform auf, beide bewegen sich **gemeinsam weiter.**

c) Wie schnell bewegen sich Boot und Plattform weiter?
d) Wie viel Energie wurde bei diesem Stoß dissipiert?

*Hinweis: Die Masse des Bootes ist jene **ohne** Projektile. Nehmen Sie an, dass sich Boot und Plattform nur horizontal bewegen können. Reibung wird vernachlässig! Alle Massen können als punktförmig betrachtet werden.*

3. **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** $\boldsymbol{h}$ mit verschwindender Wandstärke, aber **endlicher Masse** $\boldsymbol{m_D}$, aus, so liegt der Schwerpunkt im **vollen wie im leeren Zustand bei** $\boldsymbol{h/2}$.
Beim Entleeren **sinkt allerdings der Schwerpunkt mit dem Flüssigkeitsspiegel ab**.

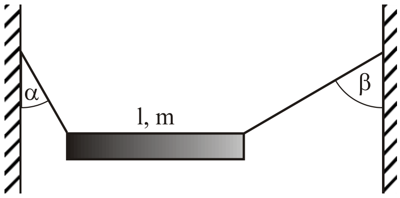
a) Berechnen Sie die **Höhe des Flüssigkeitsspiegels, bei der der Schwerpunkt am tiefsten liegt**. Gegeben ist, neben $\boldsymbol{m_D}$ und $\boldsymbol{h}$, die **Masse** $\boldsymbol{m_F}$ **der Flüssigkeit**, wenn die Dose voll gefüllt ist.
b) Wieviel Bier muss Peter aus seiner gut gekühlten **0,5 L** Standardgetränkedose ($\boldsymbol{m_D = 16{,}1}$**g**, Dichte von Bier bei 8,5°C $\boldsymbol{\rho_B = 0{,}995}$ **g/cm³**, Dosenradius $\boldsymbol{r_D = 3{,}25}$ **cm**) trinken, damit die Lage des Schwerpunktes am tiefsten ist? *(Lösung: 0,425 L)*

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

4. Eine **Scheibe (Masse: 5 kg, Radius: 20 cm)** rotiert mit **1200 Umdrehungen je Minute.**

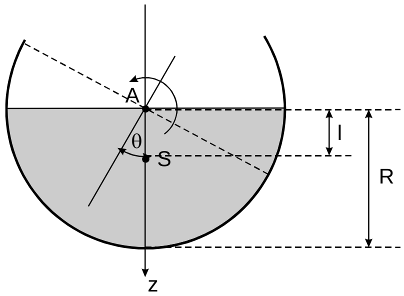
➔ Welches **Drehmoment** ist erforderlich, um sie bei gleichmäßiger Verzögerung in 3 Minuten zu stoppen? *(Lösung: 0,07 Nm)*

5. Ein inhomogener Balken (**Länge *l* = 10 m**, **Masse *m* = 81,5 kg**) hängt an zwei leichten Seilen und befindet sich im Gleichgewicht. Das eine Seil schließt mit der Vertikalen den Winkel **α = 30°** ein, das andere den Winkel **β = 60°** (siehe Abbildung).



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

6. Ein kugelförmiges Gefäß mit dem **Radius *R*** ist zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Durch leichtes Kippen wird das Wasser in Schwingung versetzt. In erster Näherung wird angenommen, dass die Flüssigkeit **eine starre Halbkugel** ist, welche um die Achse *A* (siehe Skizze) schwingt. Dieses System stellt somit ein **physikalisches Pendel** dar. Bei bekanntem Trägheitsmoment um die Achse *A* kann die Bewegung des Körpers vollständig durch die Bewegung des Schwerpunktes S beschrieben werden.



a) Berechnen Sie allgemein die **Eigenfrequenz** des Physikalischen Pendels.
b) Berechnen Sie die **Eigenfrequenz** und die **Periodendauer** der Schwingung für ***R* = 3 cm**.
(Lösung.: f_0 = 2,79 Hz*)*