1. **Feuerwerksrakete.** Eine Feuerwerksrakete steigt von einem **ebenen** Rasen mit der konstanten Beschleunigung $\boldsymbol{a = 4{,}5\ \mathrm{ms}^{-2}}$ senkrecht in die Höhe. Nach $\boldsymbol{t = 8\ \mathrm{s}}$ hört ein Beobachter, der **direkt unter dem Startpunkt der Rakete steht**, den Knall der Explosion des Feuerwerkskörpers.

a) Wie **hoch über den Startpunkt** ist die Rakete gestiegen, wenn man von Effekten der Luftreibung und der Erdrotation absieht? *(Lösung: h = 130,14 m)*

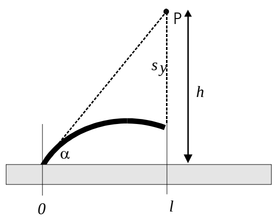
b) Wie hoch ist die **Raketengeschwindigkeit** zum Zeitpunkt der Explosion? *(Lösung: v = 123,2 km/h)*

c) Zu welchem Zeitpunkt nimmt der Beobachter den **Lichtblitz** der Explosion wahr?

Hinweis: Es erweist sich als vorteilhaft, zunächst die Steigzeit zu berechnen; man kann dann unmittelbar die Höhe bestimmen. Die Schallgeschwindigkeit in Luft beträgt v_s = 330 ms^{-1}.

2. Die Abbildung zeigt ein aus Anfängervorlesungen bekanntes Experiment. Ein Geschoss wird vom Punkt ***Q*** auf das Ziel ***P*** abgefeuert. Das Ziel wird im Augenblick des Schusses fallengelassen. Es wird aber dennoch vom Geschoss getroffen!

➔ Ist diese Tatsache unabhängig von der Geschossgeschwindigkeit? Welche Annahmen müssen für ***l*** und ***h*** getroffen werden?



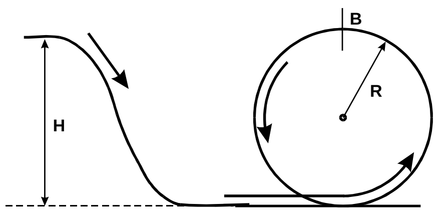
3. Ein Wagen der Masse $\boldsymbol{m = 250\ \mathrm{kg}}$ rollt die *abgebildete* Bahn herab.

a) Welche *Kräfte* wirken im Punkt ***B*** auf den Wagen?

b) Wie groß muß die Höhe ***H*** sein, damit der Wagen die Bahn *vollständig* durchläuft? *(Lösung: $H \geq \frac{5}{2}R$)*

c) Beschreiben Sie die Bewegung, falls der Wagen von einer Höhe, die kleiner als ***H*** ist, startet.

Hinweis: Die Wagenräder seien klein und sollen nur geringe Masse haben, sodaß ihre Drehbewegung vernachlässigt werden kann!



4. Zwei Teilchen mit den Massen $\boldsymbol{m_1 = 1\ \mathrm{kg}}$ und $\boldsymbol{m_2 = 0{,}4\ \mathrm{kg}}$ haben im Laborsystem die Anfangsgeschwindigkeiten $\vec{v}_1 = (2{,}8\,\hat{x} - 3{,}0\,\hat{y})$ ms^{-1} und $\vec{v}_2 = 7{,}5\,\hat{y}$ ms^{-1}. Nachdem sie zusammengestoßen sind, seien ihre Geschwindigkeiten $\vec{v}_1' = (1{,}2\,\hat{x} - 2{,}0\,\hat{y})$ ms^{-1} und $\vec{v}_2' = (4{,}0\,\hat{x} + 5{,}0\,\hat{y})$ ms^{-1}.

a) Bestimmen Sie den **Gesamtimpuls**! *(Lösung: $\vec{p} = 2{,}8\,\hat{x}$ kgms^{-1})*

b) Suchen Sie ein Bezugssystem, in dem der Gesamtimpuls **vor dem Stoß** gleich Null ist (Schwerpunktsystem).

c) Zeigen Sie, daß der Gesamtimpuls auch **nach dem Stoß** in diesem System gleich Null ist.

d) Welcher Bruchteil der **kinetischen Energie** wird beim Stoß im Laborsystem umgewandelt? *(Lösung: 44,5 % Verlust)*

e) Ist der Stoß elastisch?

Bitte Seite wenden!

5. Wie groß muss die **Mindestgeschwindigkeit** sein, die ein Körper beim Abschuss von der Erde haben muss, damit er den Mond erreicht? (_Lösung:_ 11,1 kms^{-1})

6. **Das Raketenproblem in seiner diskretisierten Form:** Eine Rakete befinde sich im schwerelosen Raum. Ihre Geschwindiglkeit zum Zeitpunkt $t = 0$ sei $v_R(t = 0) = 0$, ihre Anfangsmasse inklusive Treibstoff sei M_T Für Zeiten $t > 0$ beginne der Treibstoff mit einer Konstanten Rate α abzubrennen. Der Treibstoffstrahl besitze die konstante Austrittsgeschwindigkeit v_P. Unter diesen Bedingungen lautet die analytische Lösung des Problemes für die Raketengeschwindigkeit $v_R(t) = v_P \cdot ln \frac{M_T}{M_T - \alpha \cdot t}$. In einer diskretisierten Form kann das Problem folgendermassen formuliert werden: Zu Zeitpunkten t_i, welche um ein konstantes Zeitintervall Δt getrennt sind, wird von der Rakete je ein Partikel der Masse M_P mit der Geschwindigkeit v_P abgefeuert.

a) Stellen Sie die Impulsbilanz des Problemes kurz vor und kurz nach t_i auf und ermitteln Sie so einen rekursiven Zusammenhang zwischen $v_R(t_{i-1})$ und $v_R(t_i)$.

b) Berechnen Sie für $M_T = 1000$ **kg**, $M_P = 1$ **kg**, $v_P = 50$ **m/s** und $\alpha = 1$ **Partikel/s** die ersten 5 Geschwindikgeiten der Rakete mittels Rekursion und vergleichen Sie sie mit der analytischen Lösung.
(_Lösung:_ Rekursion: $v_R^0 = 0\ ms^{-1}$, $v_R^1 = 0{,}05\ ms^{-1}$, ... $v_R^5 = 0{,}2505\ ms^{-1}$
Analytisch: $v_R^0 = 0\ ms^{-1}$, $v_R^1 = 0{,}05\ ms^{-1}$, ... $v_R^5 = 0{,}2506\ ms^{-1}$)

Hinweis: Alle Massen können als punktförmig betrachtet werden. Man beachte die Richtungen der Rakete und der Projektile relativ zueinander.