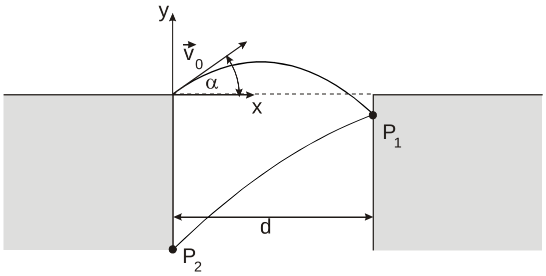
1. **Ball im tiefen Brunnen.** Ein Ball wird vom Rand eines Brunnens der Breite ***d*** mit einer Anfangsgeschwindigkeit v_0 unter einem Winkel α abgeworfen (siehe Skizze).



a) Wie ist α zu wählen, damit der Ball in den Brunnen trifft.

Nachdem der Ball in den Brunnen eingeworfen wurde, trifft er die gegenüberliegende Brunnenwand im Punkt $\boldsymbol{P_1}$ (Skizze). Dort wird er **verlustfrei reflektiert**. Er fliegt weiter und trifft die andere Brunnenwand in $\boldsymbol{P_2}$, wird wieder reflektiert und so weiter.

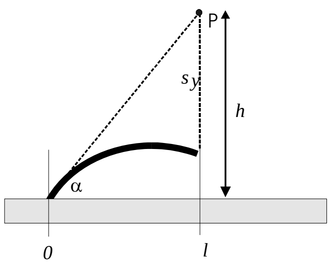
b) Unter der Annahme, dass der Brunnen sehr tief ist und dass das Problem zweidimensional betrachtet werden kann, berechne man die x- und y-Koordinaten der **Auftreffpunkte** $\boldsymbol{P_n}$, (x_n, y_n) in dem in der Skizze gegebenen Koordinatensystem.

<u>Hinweis</u>: Verlustfreie Reflexion bedeutet, dass sich in den Auftreffpunkten die x-Komponente der Auftreffgeschwindigkeit, $\boldsymbol{v_x}$, *in die jeweils entgegengesetzte Richtung umkehrt, während die y-Komponente,* $\boldsymbol{v_y}$, *unverändert bleibt.*

2. **Bremsweg:** Nach welcher **Strecke *l*** kommt ein Fahrzeug zum stehen, wenn es von einer **Anfangsgeschwindigkeit** $\boldsymbol{v_0}$ mit **konstanter Beschleunigung *a*** abbremst? Zeichnen Sie zunächst eine Skizze, welche Ihr **Koordinatensystem** sowie **Orts- Geschwindigkeits- und Beschleunigungsvektoren** enthält. Wie hängt der **Bremsweg *l*** von $\boldsymbol{v_0}$ ab?

3. 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?

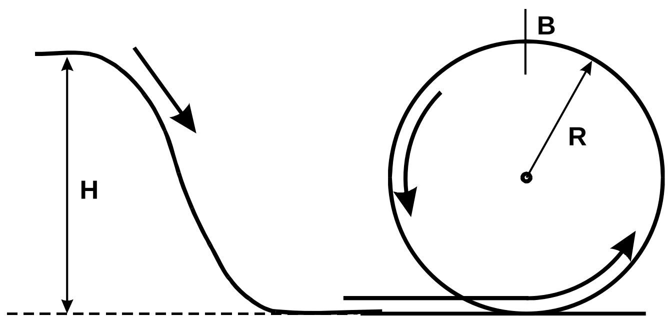


<u>Bitte Seite wenden!</u>

4. Ein Wagen der Masse $\boldsymbol{m}$ **= 250 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!



5. **Das Raketenproblem in seiner diskretisierten Form:** Eine Rakete befinde sich im schwerelosen Raum. Ihre Geschwindiglkeit zum Zeitpunkt $\boldsymbol{t = 0}$ sei $\boldsymbol{v_R(t = 0) = 0}$, ihre Anfangsmasse inklusive Treibstoff sei $\boldsymbol{M_T}$ Für Zeiten $\boldsymbol{t > 0}$ beginne der Treibstoff mit einer Konstanten Rate α abzubrennen. Der Treibstoffstrahl besitze die konstante Austrittsgeschwindigkeit $\boldsymbol{v_P}$. 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 $\boldsymbol{t_i}$, welche um ein konstantes Zeitintervall $\boldsymbol{\Delta t}$ getrennt sind, wird von der Rakete je ein Partikel der Masse $\mathbf{M_P}$ mit der Geschwindigkeit $\boldsymbol{v_P}$ abgefeuert.

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

b) Berechnen Sie für $\boldsymbol{M_T}$ **= 1000 kg**, $\boldsymbol{M_P}$ **= 1 kg**, $\boldsymbol{v_P}$ **= 50 m/s** und α **= 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.

6. 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}*)*