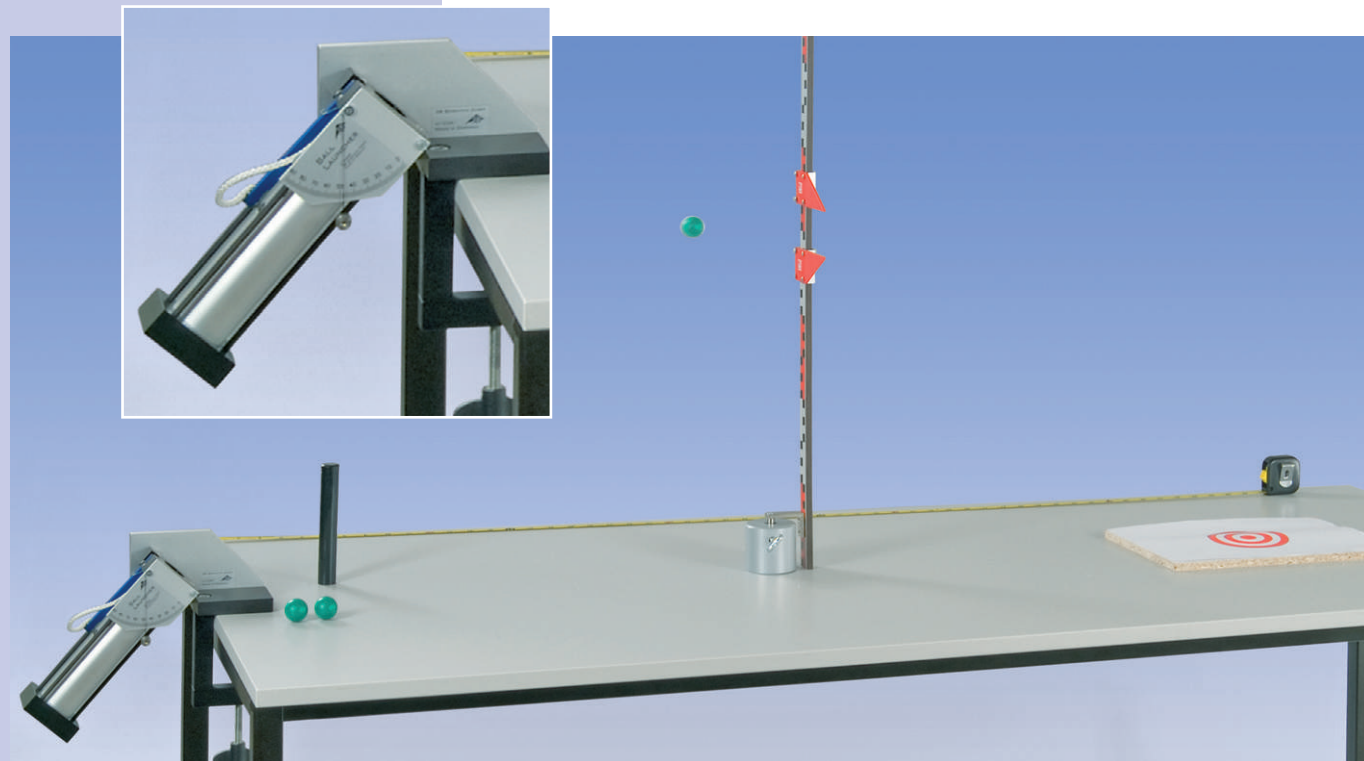




実験手法

- 斜方投射した物体の到達距離を，初速度と角度の関数として測定します。
- 最大到達距離から初速度を計算します。
- 放物線をグラフにプロットします。
- 水平方向速度と垂直方向速度が独立であることを確認します。

目的

放物線の軌跡をグラフにすること。

概要

物体（ここではプラスチック球）を重力が働いている中で斜方投射すると，軌跡は放物線と呼ばれる初速度と投げ上げる角度に依存した軌跡を描きます。この曲線を測定します。

必要器具

品番	品名	数量
U10360	放物投射装置	1 台
U10361	放物投射装置固定具	1 台
U8401560	垂直定規（1m）	1 台
U8401570	定規用カーソルセット	1 組
U13265	支柱用台座	1 台
U10073	巻尺（2m）	1 台

- 仕様は予告なく変更されることがあります。
- 品番・製品名をクリックすると製品仕様ページ（外部サイト）が開きます。

基礎実験



原理

速度は運動方程式より， x ， y ， z 方向それぞれ独立であるので，重力下で斜方投射した場合は，水平方向に一定速度で進み，垂直方向は重力下での鉛直投げ上げの場合と一致します。この為放物線は，投げ上げる角度 α と初速度 v_0 に依存します。

理論的に放物線を計算する場合，簡単にするためにプラスチック球の中心に質点を取り，空気抵抗や球の回転を無視します。そして初期状態では，質点が座標原点に位置しています。水平方向には速度一定で下記ようになります。

$$(1) \quad v_x(0) = v_0 \cdot \cos \alpha$$

一定速度で進むので t 秒後の x 座標は

$$(2) \quad x(t) = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$$

となります。

垂直方向では重力の影響下にあるので，次のように書けます。

$$(3) \quad v_y(t) = v_0 \cdot \sin \alpha - g \cdot t$$

その為 t 秒後の y 座標は

$$(4) \quad y(t) = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

です。

この式から t を消し， x との関係に直すと放物線の式が出ます。

$$(5) \quad y(x) = \tan \alpha \cdot x - \frac{1}{2} \cdot \frac{g}{(v_0 \cdot \cos \alpha)^2} \cdot x^2$$

$v_y = 0$ で高度が最大になるので，その時間 t_1 は次のように表せます。

$$(6) \quad t_1 = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

落下するまでの時間 t_2 は，高度最大になる時間の 2 倍であるので

$$(7) \quad t_2 = 2 \cdot \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

となります。（ $y(t)$ の式で $y=0$ としても求められます。）

時間が分かったので，最高高度 h と到達距離 s はそれぞれ

$$(8) \quad h = y(t_1) = \frac{v_0^2}{2 \cdot g} \cdot \sin^2 \alpha$$

$$(9) \quad s = x(t_2) = 2 \cdot \frac{v_0^2}{g} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

と求められます。

実験では垂直定規とカーソルを使い，角度と初速度に対する高度を調べていきます。

最大到達距離 $s_{\max}$ は，投射角 45° の時になります。ここから逆算し初速度 v_0 は

$$(10) \quad v_0 = \sqrt{g \cdot s_{\max}}$$

と計算できます。

実験では空気抵抗は無視できず，実験データと理論値とは若干のズレが出ます。

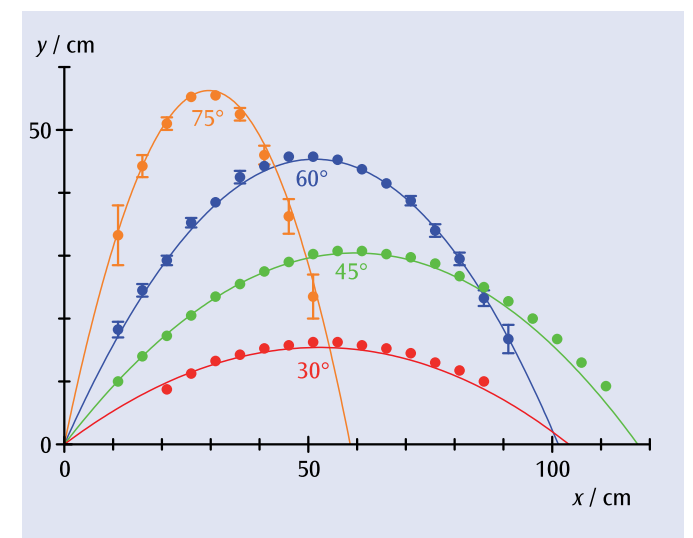


図1：最小発射速度での様々な角度に対する軌道の，実測値と計算値（計算値は空気抵抗を考慮しています）