Mechanika

Vrhání – UE103040

POKUS

- Měření šířky trajektorie jako funkce úhlu vrhání a počáteční rychlosti
- Počítání počáteční rychlosti z maximální šířky trajektorie
- Zakreslování parabolické trajektorie bod po bodu, jako funkce úhlu vrhání a počáteční rychlosti
- Ověřování principu superpozice

ÚKOL

Zakreslení parabolických trajektorií bod po bodu.

SHRNUTÍ

Pohyb kuličky vystřelené nahoru pod horizontálním úhlem vzhledem k zemské gravitaci vytváří parabolickou křivku, jejíž výška a šířka záleží na úhlu vystřelení a počáteční rychlosti. Křivka je měřena bod po bodu za použití výškoměru se dvěma nástavci.

POŽADOVANÉ PŘÍSLUŠENSTVÍ

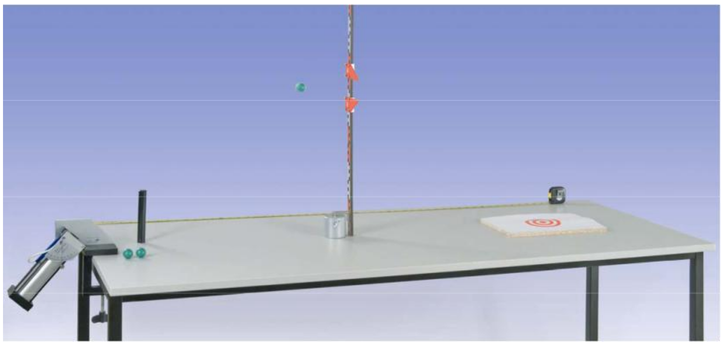
1	Vrhač kuliček	5401.U10360
1	Svorka pro vrhač kuliček	5401.U10361
1	Výškoměr, 1 m	5401.U8401560
1	Sada posuvných nástavců na výškoměr	5401.U8401570
1	Válcový podstavec, 900 g	5401.U8611200
1	Páskový kapesní metr, 2 m	5401.U10073

ZÁKLADNÍ PRINCIPY

Podle principu superpozice, pohyb kuličky, která je vržena pod horizontálním úhlem vzhledem k zemské gravitaci, je kombinací pohybu v konstantní rychlosti ve směru vržení a gravitačního pohybu pádu. Výsledkem toho je parabolická křivka letu, jejíž výška a šířka záleží na úhlu vržení α a počáteční rychlosti v_0.

Pro spočítání teoretické křivky letu jsme pro zjednodušení vzali střed kuličky jako základ souřadnicového systému a zanedbali jsme odpor vzduchu na kuličku. Kulička tedy udrží svoji počáteční rychlost v horizontálním směru:

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



Proto v čase *t* je uražená vzdálenost počítána takto:

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

Ve vertikálním směru, pod vlivem gravitace je kulička vystavená gravitačnímu zrychlení *g*. Proto v čase *t* je vertikální rychlost:

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

A vertikální uražená vzdálenost je:

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

Křivka letu kuličky má tvar paraboly, což odpovídá následující rovnici:

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

V čase t_1:

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

Kulička dosáhne nejvyššího bodu paraboly v čase t_2:

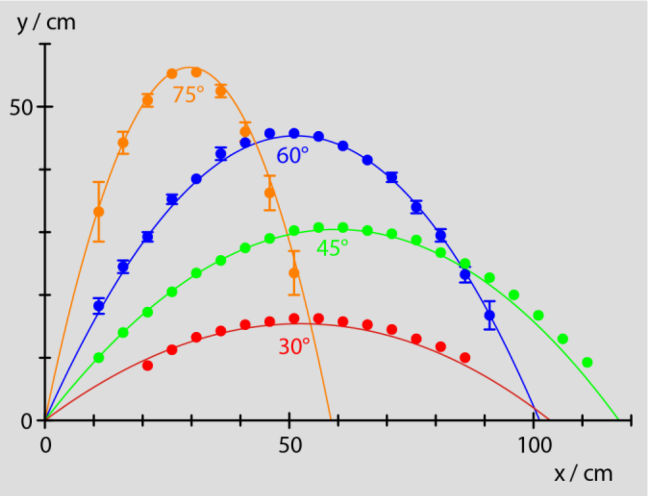
(7) $t_2 = 2 \cdot \frac{v_0 \cdot sin\alpha}{g}$

Kulička je znovu v původní výšce 0. Proto je výška paraboly dána takto:

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

A šířka je dána takto:

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



Obrázek 1: Křivky letu pro nejnižší počáteční rychlost a různé úhly vystřelení, měřené v pokusu, a teoreticky spočítané s odporem vzduchu.

V pokusu jsou křivky letu dřevěné kuličky měřeny bod po bodu jako funkce úhlu vystřelení a počáteční rychlosti za použití výškoměru se dvěma posuvnými nástavci.

VYHODNOCENÍ

Maximální šířka všech křivek letu, s_{max}, je dosažena při úhlu vystřelení 45°. Z této maximální šířky je možné spočítat počáteční rychlost. Za použití rovnice (9) dostaneme:

$$V_0 = \sqrt{g \cdot s_{max}}$$

Přesná analýza dat v pokusu ukazuje, že odpor vzduchu na kuličku musí být vzat v potaz a že křivky letu se malinko změní z parabolického tvaru.

HELAGO-CZ, s.r.o.
Kladská 1082
500 03 Hradec Králové
Tel.: 495 220 229
Fax: 495 220 154
E-mail: info@helago-cz.cz
http://www.helago-cz.cz