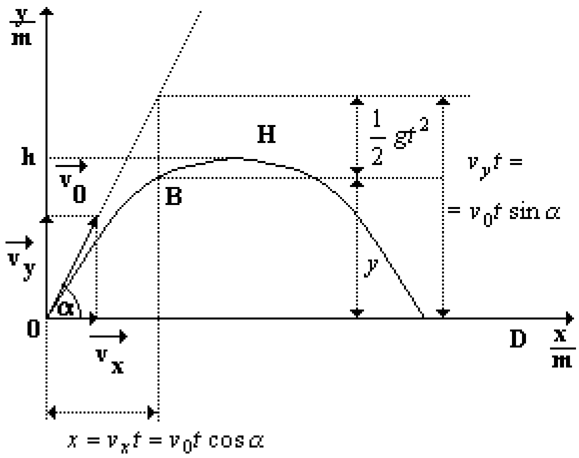
# Vrh šikmý

Tímto typem pohybu se pohybuje těleso, jemuž udělíme počáteční rychlost $\vec{v_0}$, jejíž směr svírá s vodorovnou rovinou elevační úhel $\alpha$. I u tohoto vrhu dochází ke skládání rovnoměrného přímočarého pohybu ve směru počáteční rychlosti $\vec{v}_0$ a volného pádu. Trajektorií tohoto pohybu je parabola, jejíž vrchol leží v nejvyšším bodě trajektorie (v bodě *H*).

Pro lepší popis tohoto pohybu zakreslíme jeho trajektorii do souřadného systému *Oxy* tak, že místo vrhu bude v jeho počátku. Počáteční rychlost $\vec{v_0}$, kterou tělesu udělíme, lze rozložit do směrů obou os souřadného systému. Jednotlivé složky pak mají (v čase *t* po začátku pohybu) velikost: *x*-ová složka $v_x = v_0 \cos\alpha$ a *y*-ová složka $v_y = v_0 \sin\alpha - gt$.




Obr. 74

Ve směru osy *y* se jedná vlastně o svislý vrh vzhůru - tak by viděl např. výkop míče fotbalista. Míč totiž poletí nejdříve rovnoměrně zpomaleným pohybem nahoru, zastaví se a pak se bude volným pádem pohybovat směrem dolů. Soupeř - trpaslík běžící přesně pod míčem by viděl rovnoměrný přímočarý pohyb míče.

Souřadnice bodu *B*, v němž se těleso nachází v době *t* po začátku pohybu, jsou: $x = v_x t = v_0 t \cos\alpha$ a $y = v_0 t \sin\alpha - \frac{1}{2}gt^2$. Největší vzdálenost měřená ve vodorovné rovině od místa vrhu do místa dopadu *D* se nazývá **délka vrhu** *d*. Bod dopadu má souřadnice $D = [d; 0]$ a lze tedy psát $0 = v_0 t_d \sin\alpha - \frac{1}{2}g t_d^2$. Odtud pro čas dopadu $t_d$ dostáváme: $t_d = \frac{2v_0 \sin\alpha}{g}$ nebo $t'_d = 0\ s$. Nulový čas nemá smysl, protože popisuje stav tělesa na začátku pohybu.

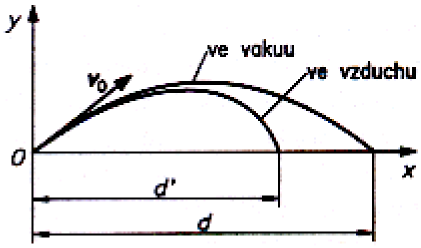
Dosazením do vztahu $x = v_0 t_d \cos\alpha$ získáme délku vrhu $d = \frac{2v_0^2 \sin\alpha \cos\alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$.

Při úpravě byl použit vztah, který se odvozuje v matematice při výkladu goniometrických funkcí: $\sin 2\alpha = 2\sin\alpha \cos\alpha$.

U vrhu šikmého lze určit ještě **výšku vrhu** *h*, do níž těleso během svého pohybu vystoupí. Nachází-li se těleso v bodě *H*, má *y*-ová složka rychlosti nulovou velikost, tedy $0 = v_0 \sin\alpha - g t_h$. Odtud dostáváme pro čas $t_h$, za který těleso dosáhne maximální výšky, $t_h = \frac{v_0 \sin\alpha}{g} = \frac{t_d}{2}$. Dosazením do vztahu $y = v_0 t_h \sin\alpha - \frac{1}{2} g t_h^2$ dostaneme maximální výšku vrhu $h = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$.

Při právě odvozených vzorcích je použita matematická konvence zápisu operací s goniometrickými funkcemi. Zápis $\sin 2\alpha$ je totéž jako $\sin(2\alpha)$, zápis $\sin^2\alpha$ znamená to samé jako zápis $(\sin\alpha)^2$.

Šikmý vrh má praktické uplatnění ve sportu a vojenské technice. Délka vrhu se ve vojenské terminologii nazývá **dostřel**. Šikmo vržené těleso se pohybuje po části paraboly pouze za předpokladu, že na něj nepůsobí žádné vnější síly kromě síly tíhové (nepůsobí odpor vzduchu, ...). V praxi ale ne vždy lze odpor vzduchu zanedbat (hlavně při velkých rychlostech tělesa). V důsledku existence odporové síly se těleso pohybuje nikoliv po části paraboly, ale po tzv. **balistické křivce**, která (na rozdíl od paraboly) není souměrná (viz obr. 75). To má za následek zkrácení délky vrhu oproti délce vrhu ve vakuu.




Obr. 75