

Biomechanika 6

Kinematika 3

Daniel Jandačka, PhD.

Projekt: Cizí jazyky v kinantropologii - CZ.1.07/2.2.00/15.0199



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



**OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost**



UNIVERSITAS
OSTRAVIENSIS



**INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ**

Zrychlení

Když lidské tělo snižuje svou rychlost, zvyšuje svou rychlost nebo mění směr pohybu, potom se pohybuje se zrychlením.

Mechanicky je zrychlení mírou změn rychlosti.

Těleso tedy zrychluje v případě, že se mění alespoň velikost rychlosti nebo její směr.

Průměrné zrychlení

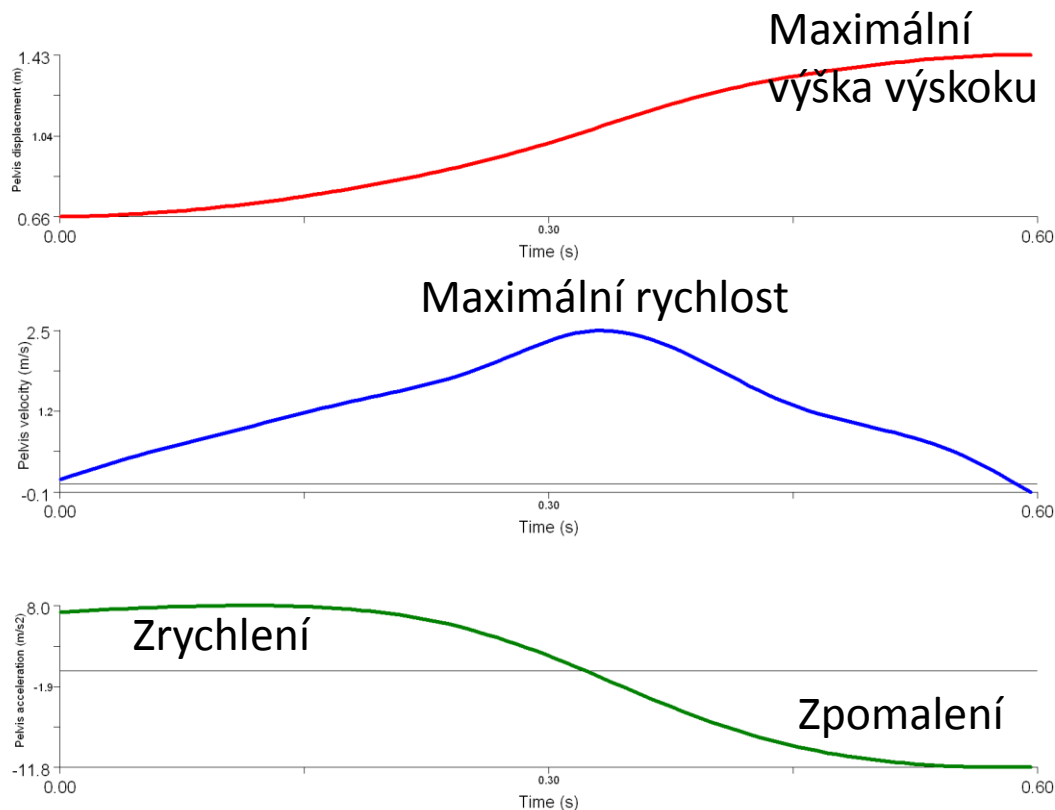
Průměrné zrychlení je definováno jako změna velikosti rychlosti dělená dobou, kterou je potřeba k této změně:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_k - v_p}{\Delta t},$$

Záporné zrychlení představuje zpomalování pohybu tělesa nebo lidského těla. Jednotkou zrychlení je metr za sekundu na druhou (m/s²).

Okamžité zrychlení

Okamžité zrychlení je tedy zrychlení tělesa ve velmi krátkém časovém intervalu, který se téměř blíží nule.



*Vertikální výskok
vrhače koulí s činkou
Měřeno v Centru
diagnostiky lidského
pohybu Ostravské
univerzity*

Obrázek Dráha, rychlost a zrychlení pánve při dřepu s výskokem u vrhače koulí (s činkou 54 kg)

Zrychlení je vektorová veličina

Protože zrychlení je vektor stejně jako rychlost nebo posunutí, můžeme ho v prostoru rozkládat na tři složky zrychlení.

U vektoru okamžitého zrychlení je však jedna zvláštnost oproti vektoru okamžité rychlosti.

Směr vektoru okamžitého zrychlení nemusí nutně souhlasit se směrem pohybujícího se tělesa či lidského těla.

Když se rozbíháte, zrychlení má stejný směr jako je směr vašeho pohybu. Pokud začnete zpomalovat, zrychlení má přesně opačný směr, než je směr vašeho pohybu.

Pohyb těles s konstantním zrychlením

Projektil

těleso, které bylo vypuštěno, vymrštěno či vystřeleno do vzdušného prostředí v jakýchkoli směrech nebo jen puštěno volně k zemi.

Projektilem ve sportu a tělesném cvičení může být oštěp, koule, disk, ale také samotné lidské tělo. Na takovéto projektily působí vždy dvě síly:

1. tíhová síla
2. odpor prostředí



Vertikální pohyb projektilu

Jestliže zanedbáme odpor prostředí, pohybují se projektily ve vertikálním směru rovnoměrně zpomaleně (stoupání do větší výšky nad zemí) nebo zrychleně (klesání k zemi) s tíhovým zrychlením, které má velikost $9,81 \text{ m/s}^2$.

Pohyb projektilu může být popsán rovnicemi, které vyjadřují vztahy mezi rychlostí, polohou, zrychlením a časem.

$$v_k = v_p + g\Delta t.$$

$$y_k = y_p + v_p\Delta t + \frac{1}{2}g(\Delta t)^2.$$

Jakýkoliv předmět puštěný k Zemi zrychluje každou sekundu o $9,81 \text{ m/s}^2$ a uražená dráha padajícího tělesa vzrůstá podle kvadratické funkce času.

Představme si vyhození míčku u tenisového podání. Abychom dobře trefili míček, musíme mít dostatečné množství času k provedení úderu.

Která poloha míčku je nejvýhodnější pro úder raketou?

Projectiles tossed vertically up have zero velocity in the cuspidal (highest) point of their trajectory and they spend the longest time around that point.

Pro vertikální pohyb tělesa v tíhovém poli zemském platí:

- 1. doba stoupaní se rovná době klesání**
- 2. počáteční rychlost se rovná dopadové rychlosti.**

Horizontální pohyb projektilu

Pohyby těles, které vidíme, jsou převážně složené z vertikálního a horizontálního pohybu. Pro biomechanickou analýzu je však užitečné popsat horizontální pohyb odděleně od vertikálního.

Horizontální rychlost projektilů je konstantní a trajektorie horizontálního pohybu je přímka.

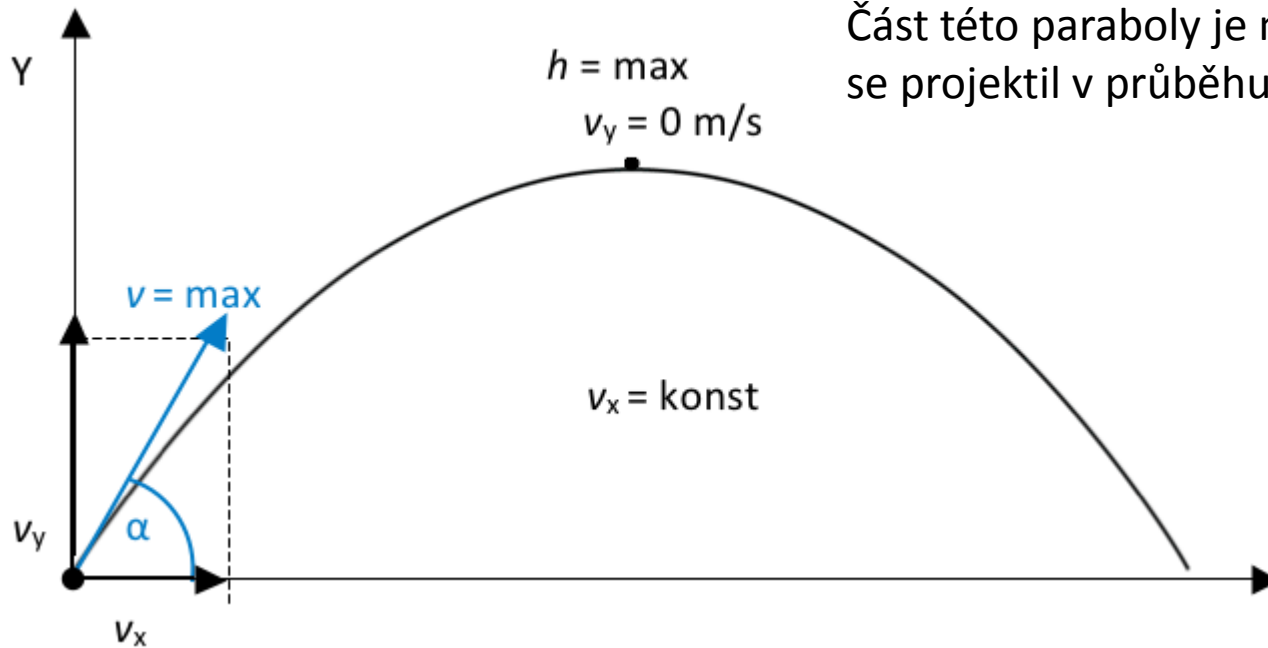
$$v_x = v_k = v_p = \text{konst.}$$

$$a_x = 0 \text{ m/s}^2.$$

$$x_k = x_p + v_x \Delta t,$$

Šikmý vrh

Část této paraboly je množinou poloh, v nichž se projektil v průběhu pohybu vyskytoval.



$$\Delta t = \frac{x_k}{v_x},$$

Poloha projektilu ve vertikálním a horizontálním směru. Je však nutné znát počáteční vertikální a horizontální složku rychlosti a polohu.

$$y = y_p + v_{yp} \left(\frac{x}{v_x} \right) + \frac{1}{2} g \left(\frac{x}{v_x} \right)^2,$$

Projektily ve sportu

I když je projektilem člověk, nemůže ovlivnit po ztrátě kontaktu se zemí dráhu svého letu, a ta se řídí rovnicemi, které jsme si výše uvedli.

Počáteční podmínky (počáteční poloha a rychlost) ovlivňují následný pohyb projektilu a z tohoto důvodu ovlivňují také úspěšnost dané sportovní akce.

Ve sportovních akcích při házení, vrzích, kopech, skocích a podobně nás zajímá především:

1. doba letu
2. nejvyšší dosažená výška projektiku
3. horizontální posunutí.

Doba letu

Doba letu sportovních projektilů závisí na počáteční vertikální rychlosti a počáteční vertikální poloze.

Pokud na začátku pohybu projektilu padajícího k zemi má již počáteční rychlost směřující dolů, pak projektil bude padat kratší dobu, než v ostatních případech.

Bude-li projektil vržen směrem vzhůru, potom čím větší má projektil počáteční rychlost, tím déle setrvá projektil před dopadem ve vzduchu.

Příkladem maximalizace doby letu ve sportu jsou všechny akrobatické skoky, kdy akrobaté potřebují dostatečné množství času k vykonání svých předem plánovaných prvků. U těchto sportovních disciplín je úhel, který svírá vektor počáteční rychlosti s horizontálou (tzv. elevační úhel), blízký hodnotě 90° .

Nejvyšší dosažená výška

Nejvyšší dosažená výška projektilu ve sportu je také závislá především na počáteční vertikální rychlosti a poloze.



Projektil vržený z větší výšky a větší rychlostí dosáhne vyšší polohy.

Maximalizace výšky projektilu je důležitá ve sportech jako volejbal a basketbal, kde sportovci potřebují vyskočit co nejvýše. Dalším příkladem maximalizace nejvyšší dosažené výšky projektilu je skok do výšky.

U těchto aktivit je odrazový úhel větší než 45° .

Maximalizace horizontálního posunutí

U hodu diskem a oštěpem je velmi důležitý odpor prostředí, a proto naše následná analýza pro ně nebude platit.

U disciplín jako je vrh koulí a skok do dálky je odpor prostředí tak malý, že ho lze zanedbat a základní poznatky z analýzy v daném sportu aplikovat.

$x_k = v_x \Delta t$, Říká: čím větší je horizontální rychlost, tím dále projektil doletí. Víme také, že doba letu je tím delší, čím je větší vertikální rychlost a poloha. To znamená, že horizontální posunutí bude závislé na třech parametrech v odhodovém (odrazovém) okamžiku:

1. vertikální rychlosti
2. horizontální rychlosti
3. vertikální poloze.

V mnoha případech je počáteční poloha nulová, jako je tomu u odrazů. Horizontální posunutí je závislé pouze na vertikální a horizontální rychlosti.

Pokud na projektil nepůsobí žádné další síly, potom platí, že horizontální a vertikální rychlost by měla mít stejnou, pokud možno co největší velikost a úhel vzletu (odhodu) by měl být 45° .

Podívejme se na odhodový úhel při vrhu koulí. Nejlepší světoví koulaři dosahují odhodových úhlů přibližně 35° .

To je o mnoho méně než 45° . Ale jaká je výška odhodu koule? V závislosti na výšce atleta okolo 2 m. Víme, že odhodová výška ovlivňuje horizontální posunutí.

Vyšší poloha projektilu nad zemí v momentě odhodu znamená nižší potřebu vertikální rychlosti pro dosažení maximálního horizontálního posunutí – předpoklad dopadu projektilu na zem.

Lidské tělo je vytvořeno tak, že snáze dosahuje horizontální rychlosti horních končetin proti vnějšímu odporu nežli rychlosti vertikální. To znamená, že výsledná rychlost vrhu klesá se zvětšujícím se úhlem odhodu.

- Když se podíváme na úhly odhodu při hodu oštěpem nebo diskem, zjistíme, že jsou dokonce nižší, než úhly, při nichž je vrhána koule špičkovými koulaři.
- Během letu těchto náčiní vznikají vlivem odporu prostředí vztlakové síly, které způsobují, že výsledné zrychlení je menší než zrychlení tíhové. To způsobuje, že disk nebo oštěp zůstává ve vzduchu déle. Protože disk a oštěp zůstává ve vzduchu déle, nemusí být použito tolik vertikální rychlosti při odhodu těchto projektilů.
- Znovu si můžeme připomenout, že sportovec uděluje projektilu snáze horizontální rychlost nežli vertikální. T
- oto je jeden z důvodů, proč je odhodový úhel poměrně malý. Extrémní případ využití vztlakových sil při vrhu je hod létajícím talířem (Frisbee). Zde jsou při letu projektilu vztlakové síly tak velké, že odhodový úhel je téměř nulový.

Děkuji za pozornost



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



**OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost**



UNIVERSITAS
OSTRAVIENSIS



**INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ**