



# FYZIKA V ŠPORTE

ZIMNÉ ŠPORTY

AUTORI : JOZEF LUPTÁK, ADAM SLEZÁK, KRISTÍNA NÉMETHOVÁ

# OBSAH :

## 1. Biomechanika

1.1. Predmet biomechaniky

1.2. Úloha biomechaniky

## 2. Hokej

2.1 História

2.2 Topenie ľadu

2.3 Mechanická práca

2.4 Ťažisko telesa a jeho určenie

2.5 Trenie

## 3. Lyžovanie

3.1 Lyžiar ako riadený systém

3.2 Sila ako fyzikálna veličina

3.3 Hybnosť sústavy

3.4 Ťažová sila – gravitácia

3.5 Tlakové a reakčné sily medzi lyžami a snehom

3.6 Disipatívne procesy



# 1. BIOMECHANIKA

- je samostatný vedný odbor, ktorý súvisí s TV A AM (antropomotorika)

## Jej úloha :

- získava vedeckým skúmaním nové poznatky o mechanických a dynamických zmenách pohybov štruktúry športovca (údaje o zmenách veľkosti a tvaru dráhy vyšetrených bodov tela športovca, o zmenách v kĺboch, rýchlosti a zrýchlení, pohybu, o účinkoch pôsobiacich síl a ...)
- podieľa sa na tvorbe vedeckých pojmov, zákonov, hypotéz a teórií
- rieši otázky odborných vzťahov a ich postavenie v systéme vied
- rieši otázky spoločenskej funkcie biomechaniky a ďalšie teoretické a metodologické otázky biomechaniky

## 1.1 Predmet biomechaniky

pohyby športovca v ich mechanickom prejave a mechanické podmienky, v ktorých športovec pohyb vykonáva, mechanické vlastnosti tela cvičenca ako živej hmoty a zákonitosti jeho pohybu a prejavov.

## 1.2 Úloha biomechaniky

skúmať pohyby športovca v ich mechanickom prejave z hľadiska všeobecne platných zákonov mechaniky

# 2. HOKEJ

## 2.1 História

Ľadový hokej vznikol v Kanade pravdepodobne už v 30. rokoch 19. storočia. Prvú zaznamenanú zápas sa odohral roku 1855 v Kingstone. O štyridsať dva rokov spracovali študenti z McGillovej univerzity v Motreale pravidla tejto hry a po celej Kanade vzniklo veľké množstvo klubov a súťaží. Pravidlá vychádzali z prvkov pozemného hokeja (bandy), lakrosu a tiež ragby. Hra sa začala rýchlo rozvíjať a v roku 1917 vznikla National Hockey League (NHL). V prvom roku jej existencie hralo 5 tímov sériu 22 zápasov. Začiatkom 20. storočia prenikla táto hra zásluhou kanadských študentov do Európy, kde sa zatiaľ hral bandy hokej na ľade. Olympijskou disciplínou sa mužský ľadový hokej stal v roku 1920, ženy ho na olympiáde môžu hrať od roku 1998.



## 2.2 Topenie ľadu

- **Topenie** alebo tiež **tavenie** je fázová premena pevnej látky pevného skupenstva na kvapalnú látku (kvapalné skupenstvo).
- Opakom je zmena kvapaliny na pevnú látku - tuhnutie (tiež mrznutie).
- Pri korčuľovaní sa pod nožom korčule, kde je vyšší tlak, znižuje teplota topenia a ľad sa topí. Na rozhraní čepele korčúľ a ľadu vzniká tenučká vrstvička vody, ktorá uľahčuje korčuľovanie.
- Pri nižších teplotách je na povrchu ľadu prítomná voda v podobe tenkého filmu, pretože ostrý prechod do kryštalickej štruktúry nie je energeticky výhodný.
- Pri korčuľovaní sa ľad topí nielen v dôsledku nižšej teploty topenia, ale aj kinetického trenia.



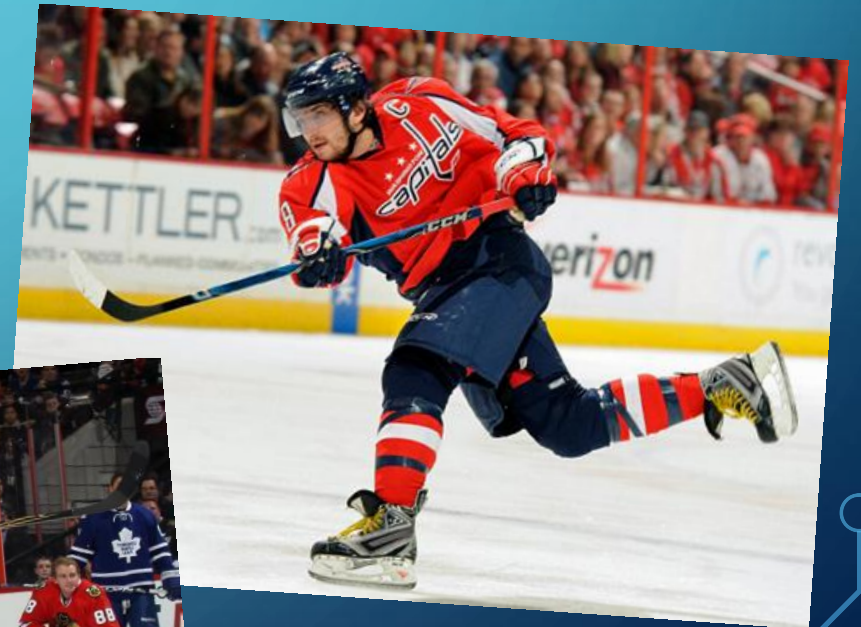
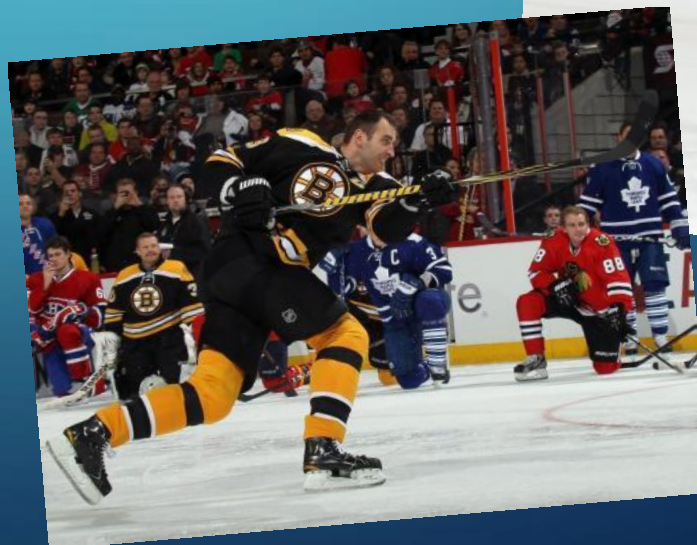
## 2.3 Mechanická práca

- **Mechanická práca** je dej, kedy sila pôsobiaca na teleso posúva týmto telesom po určitej dráhe.
- Zároveň je mechanická práca fyzikálna veličina, ktorá vyjadruje množstvo práce ako *súčin* zložky sily v smere pohybu a dráhy.

$$W = F \cdot s$$

kde

- $F$  je zložka sily v smere pohybu v (N)
- $s$  je dráha v (m)



- V prípade, že je známy uhol  $\alpha$ , ktorý zvierá smerový vektor pohybu a vektor sily, potom možno prácu vypočítať podľa vzorca

$$W = F \cdot s \cdot \cos\alpha$$

- Sila je však vektorová fyzikálna veličina. Predchádzajúce prípady sú špeciálne pre jednorozmerný prípad. Nech  $F$  je vektor sily a  $s$  je smerový vektor pohybu. Potom práca, ktorá je vykonaná sa vypočíta ako skalárny súčin týchto vektorov, t. j.

$$W = F \cdot s$$

- Ak prácu počítame po dráhe, ktorou je krivka  $C$ , potom platí

$$W = \int_C F \cdot ds$$





## 2.4 Ťažisko telesa a jeho určenie

- **Ťažisko** je bod, ktorý sa pohybuje, ako keby v ňom bola sústredená celá hmotnosť sústavy a pôsobili v ňom všetky sily pôsobiace na sústavu. V homogénnom gravitačnom alebo zotrvačnom poli môžeme všetky gravitačné a zotrvačné sily pôsobiace na tuhé teleso nahradiť jedinou silou pôsobiacou v ťažisku.
- Ťažisko  $\vec{T}$  sústavy hmotných bodov je rovnaké ako vážený súčin ich polôh  $\vec{r}_i$  kde veľkosťou sú ich hmotnosti.

$$\vec{T} = \frac{\sum m_i \vec{r}_i}{M}$$

Kde  $M = \sum m_i$  je celková hmotnosť sústavy.



- **Pohyb ťažiska**

Poloha ťažiska spĺňa rovnicu:  $\vec{T} = \frac{\sum m_i \vec{r}_i}{M}$

Derivovaním oboch strán rovnice podľa času dostávame:

$$\vec{v} = \frac{\sum m_i \vec{v}_i}{M}$$

$$\vec{a} = \frac{\sum m_i \vec{a}_i}{M}$$

Kde  $\vec{v}_i, \vec{a}_i$  sú rýchlosti a zrýchlenia jednotlivých bodov a  $\vec{v}, \vec{a}$  je rýchlosť zrýchlenie ťažiska.

S využitím odvodených rovníc je možné odvodiť, že ťažisko sústavy sa pohybuje, ako keby v ňom bola sústredená celá hmotnosť sústavy a pôsobili v ňom všetky sily pôsobiace na sústavu.



## 2.5 TRENIE

- 1. Šmykové trenie- vzniká pri posuvnom pohybe medzi telesami.

Príčinou šmykového trenia je skutočnosť, že styčné plochy dvoch telies nie sú nikdy dokonale hladké, ich nerovnosti do seba zapadajú a bránia vzájomnému pohybu telies. Pritom sa uplatňuje i silové pôsobenie častíc v styčných plochách.

Vznik valivého odporu si vysvetľujeme tým, že pri valivom pohybe jedného telesa po povrchu druhého telesa vzniká deformácia oboch telies.

$$F_t = f \cdot F_n$$

kde

$f$  – je súčiniteľ šmykového trenia (-)

$F_n$  – je kolmá tlaková sila medzi telesami

(napr. tiaž telesa) v (N)



- 2. Pokojové trenie- vzniká medzi telesami, ktoré sa vzhľadom k sebe nepohybujú.

$$F_t = f_0 \cdot F_n$$

Kde

$f_0$  – je súčiniteľ pokojového trenia (-)

$F_n$  – je kolmá tlaková sila medzi telesami (napr. tiaž telesa) v (N)

Pokojové trenie býva väčšie ako šmykové trenie medzi rovnakými telesami.



- 3. Valivý odpor - vzniká medzi telesom kruhového prierezu pri jeho valivom pohybe a podložke.

$$F_t = \frac{\xi \cdot F_n}{R}$$

Kde

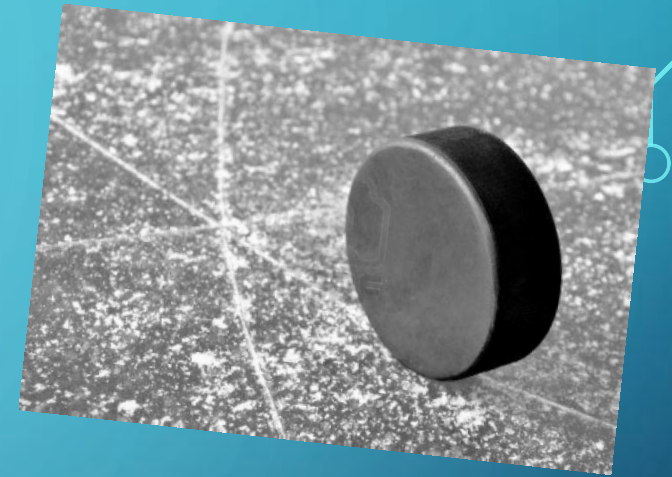
$\xi$  – je rameno valivého odporu v (m)

$F_n$  – je kolmá tlaková sila medzi telesami (napr. tiaž telesa) v (N)

$R$  – je polomer prierezu telesa v (m)

Valivý odpor je pre rovnakú prítlačnú silu  $F_n$  výrazne menší ako šmykové trenie.

Sila trenia nezávisí len od materiálov daných telies, ale závisí aj priamoúmerne od kolmej tlakovej sily. Túto závislosť vyjadrujeme známym vzťahom  $F_t = f \cdot F_n$



- **Neumytý ľad = veľké trenie**

Napriek malej dotykovej ploche, brzdiaca sila je malá. Podložka, po ktorej sa pohybujú korčule je totiž tvrdý ľad, teda zarezávanie do podložky je malé. Ak je ľad neupravený, a tým je drsnejší, hráč je pomalší, pretože v dôsledku zarezávania korčúl do ľadu sa zvýšilo ich brzdenie doplnkovými brzdiacimi silami. Preto je potrebné, aby sme mali korčule čo najostrejšie a aby bol ľad čo najčistejší, aby bolo trenie čo najmenšie.



# 3. LYŽOVANIE



# 3.1. Lyžiar ako riadený systém

**1. CNS - centrálny nervový systém** - člen s analyticko-syntetickou funkciou a funkciou riadiacou pomocou inervácií príslušných výkonných orgánov.

**2. MT - mechanická triáda (substituuje tiež segmenty tela)** –

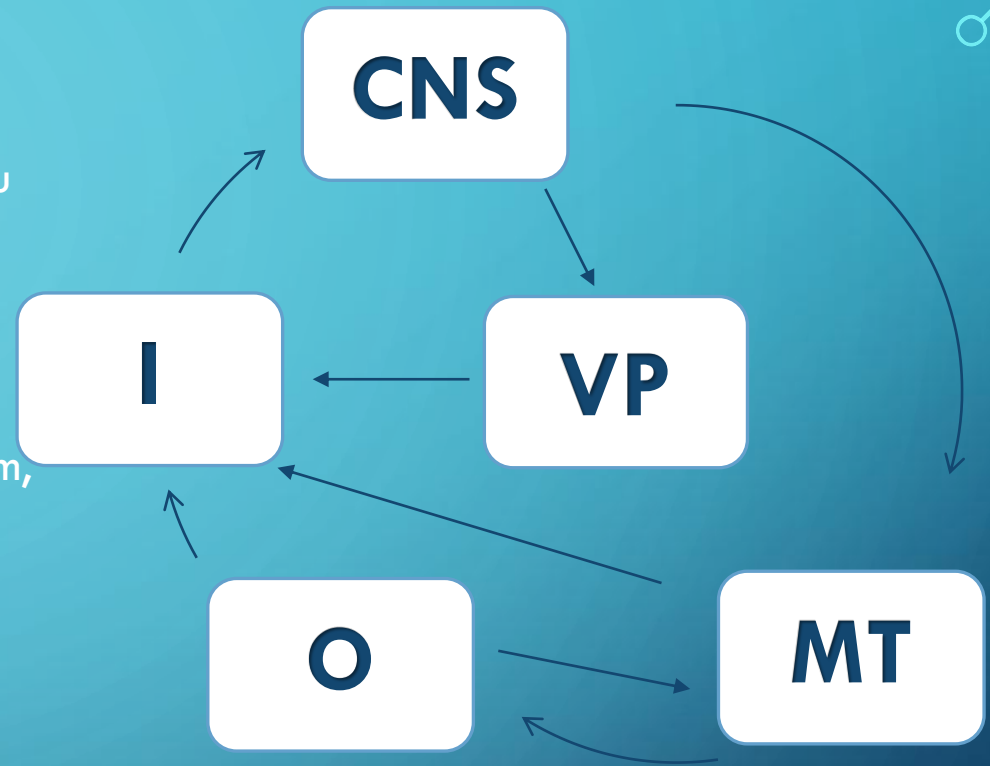
- a) podsystem primárnych mechanických efektorov - svalový systém,
- b) podsystem sekundárnych mechanických efektorov:
  - kostra,
  - väzy, šľachy, chrupavky, resp. kĺby.

**3. I - informačný systém** - zabezpečuje pre CNS informácie o vonkajšom

i vnútornom prostredí človeka:

- a) propiocepčné cítenie - vnímavé čidlá v svaloch, kĺboch, šľachách,
- b) exteroceptory - zrak, sluch, čuch a čidlá vnímajúce teplo, tlak, ťah a bolesť.

Z hľadiska biomechaniky lyžovania je uvedený systém CNS - MT- I systémom základných prvkov, medzi nimi existuje vzájomné prepojenie s konkrétnou funkciou - vzťahom.

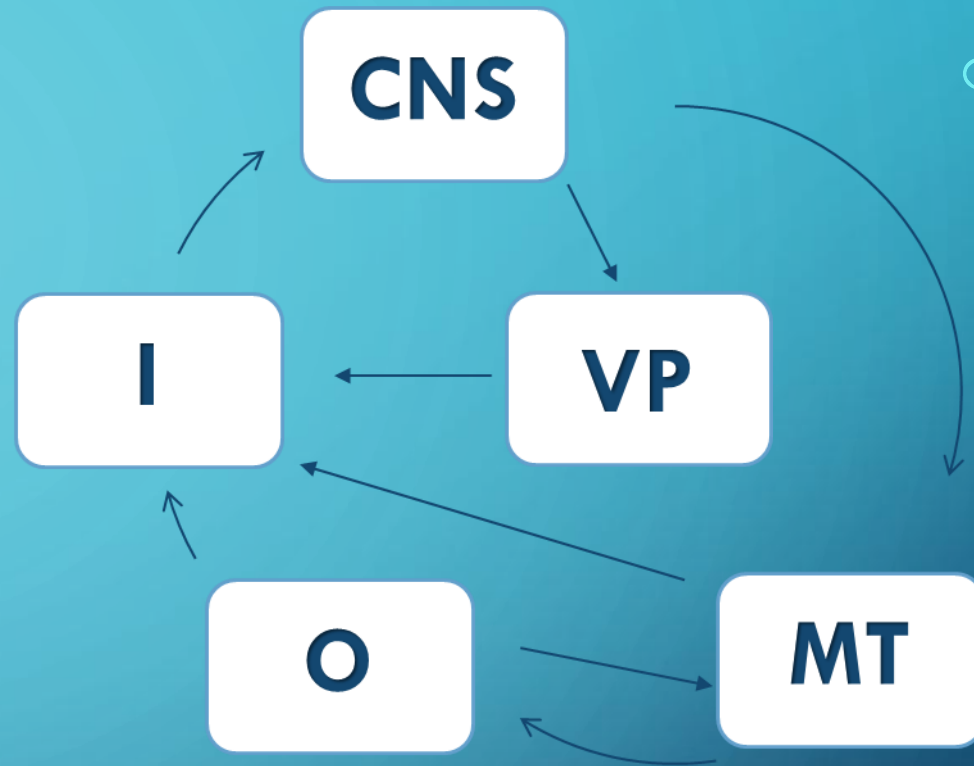




**4. VP - vnútorné prostredie** - napr. koncentrácia hormónov, O<sub>2</sub>, zplodiny látkovej premeny v krvi atd.

**5. O – okolie** - reálne, relatívne blízke okolie človeka, s ním je systém človek - lyžiar v interakcii

⇔ - interakcie medzi MT (resp. segmenty tela človeka) s okolím



## 3.2 SILA AKO FYZIKÁLNA VELIČINA

Účinky sily môžeme obyčajne rozdeliť na dva typy:

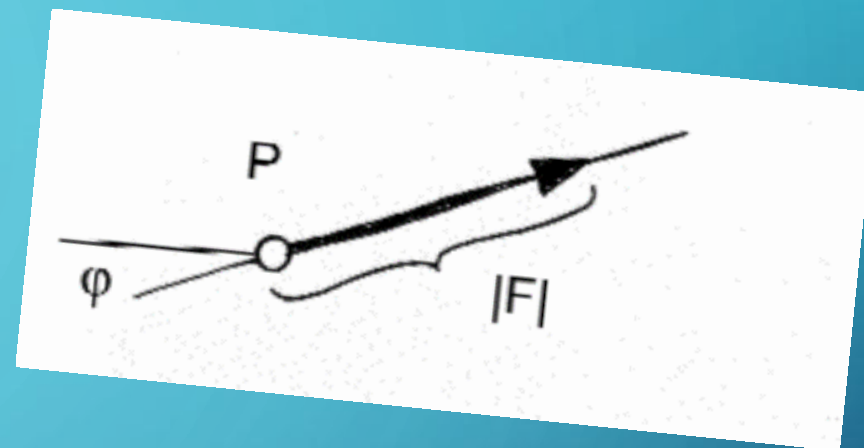
### a) Statické účinky sily

Medzi statické účinky sily patrí napr. udržovanie rovnováhy v stoji, zamedzenie pohybu akéhokoľvek telesa v smere tiažovej sily, vplyvom reakčných síl podložky a pod.

### b) Dynamické účinky sily

Teleso môže byť účinkom sily uvedené do pohybu, urýchlené či pribrzdené v ľubovoľnom smere alebo zastavené, alebo zmenený jeho tvar. Napr. vnútorné sily spôsobujú deformácie telesa - lopty, automobilu po náraze a pod. Pri odraze palicami dochádza k urýchlenému pohybu na lyžiach. Hovoríme, že sa mení pohybový stav telesa. Telo lyžiara, resp. jeho segmenty, tvoria tzv. kinematický reťazec. Jednotlivé segmenty sú navzájom spojené kĺbovými spojmami, vytvárajúcimi predpoklad k ich vzájomnému riadeniu, závislému a obmedzenému pohybu. Hlavnou a jedinou aktívnou hybnou jednotkou je svalové vlákno resp. svaly a svalové skupiny, ich základnou funkciou je schopnosť vytvoriť si skrátčením silu, ktorá sa v miestach úponu, na základe zákona akcia - reakcia, stáva silou približujúcou oba konce segmentov tela, na nich sa sval upína. Týmto spôsobom vzniká aktívny pohyb a obyčajne potom riadená pohybová činnosť s nezastupiteľnou funkciou CNS a ďalších prvkov riadeného systému.

Z hľadiska hranice ľudského tela sa sily, účastníci sa na pohybu lyžiara, rozdeliť na sily vnútorné a vonkajšie.



### 3.3. Hybnosť sústavy

V dôsledku zákona o zachovaní hybnosti telies platí, že súčet hybností všetkých častí sústavy zachováva svoju nezmenenú veľkosť.

$$\sum_{i=1}^{i=n} \vec{H}_i = \vec{H}_T = \overrightarrow{\text{konst.}} [kg \cdot m \cdot s^{-1}]$$

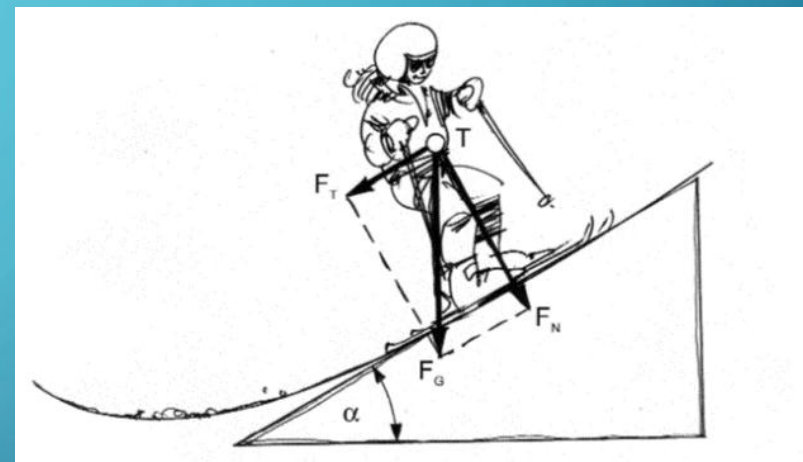
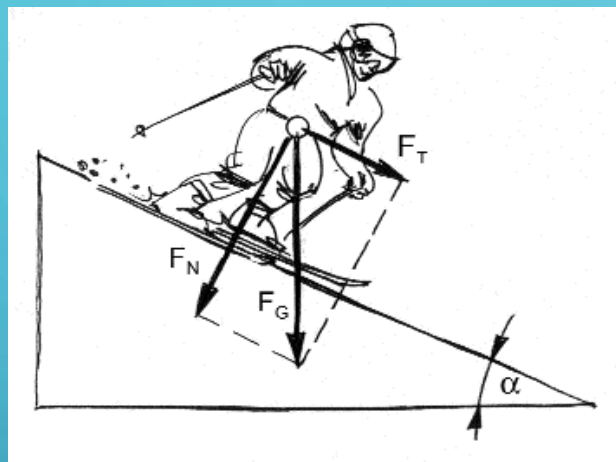
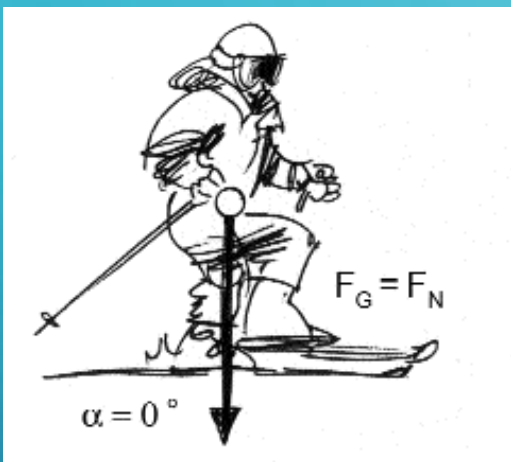
$H_i$  - hybnosti jednotlivých segmentov tela, výbroje a výstroje lyžiara  
 $H_T$  - hybnosť celej sústavy - ťažiska tela lyžiara s výbrojou a výstrojou



## 3.4. Tiažová sila – gravitácia

Gravitácia, resp. jej prejav ako tiažová sila  $F_G$  je základným atribútom vzťahu ľubovoľného telesa a Zeme. Obyčajne sa prejavuje tiažovým (gravitačným) zrýchlením  $g = 9,81 \text{ [ms}^{-2}\text{]}$ . Veľkosť gravitačnej sily  $F_G$  potom závisí na hmotnosti uvažovaného predmetu (lyžiara) -  $m \text{ [kg]}$ .

$$F_G = m \cdot g \text{ [N]}$$



Rozklad tiažovej sily na  $F_T$  a  $F_N$  a ich priebeh v závislosti na sklon svahu  $\alpha$ .

Veľkosť sily  $F_N$  (normálová zložka) pritlačuje ťažisko tela lyžiara smerom kolmo k podložke. Účinkom sily  $F_T$  (dotyčnicová zložka) je lyžiar zrýchlený v smere sily  $F_T$ . Zrýchlenie odpovedajúce sile  $F_T$  je:

$$a_T = g \cdot \sin \alpha$$

Pri zjazde po spádnicí je  $a_T$  zrýchlenie, ktoré lyžiara zrýchľuje.

Pri stúpaní je  $a_T$  zrýchlenie, ktoré lyžiara brzdí.

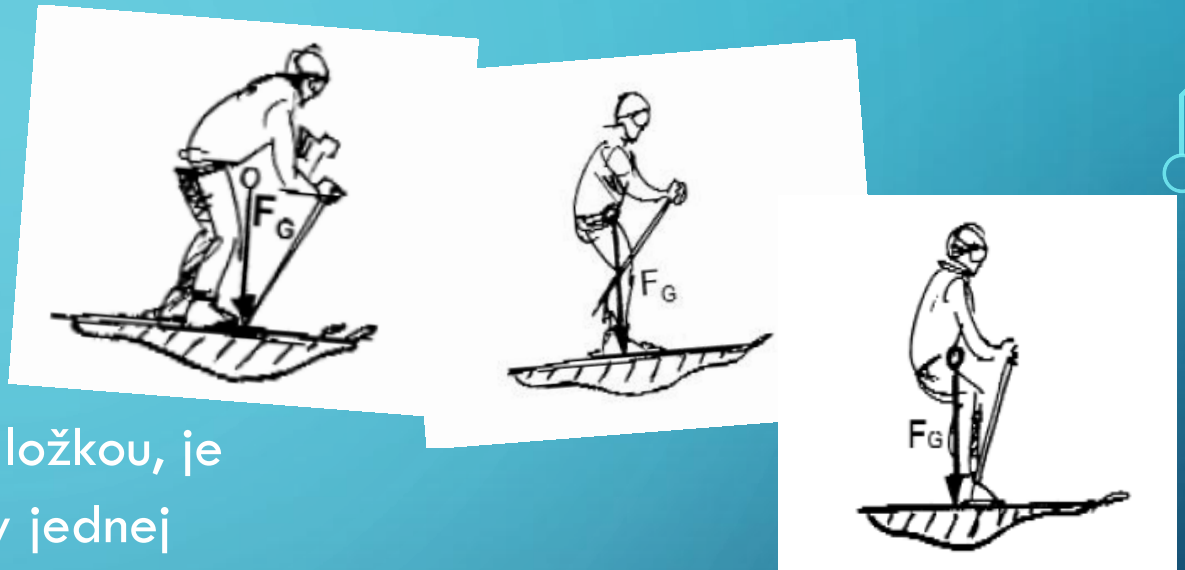
Pri zvyšovaní uhlu svahu sa zložka  $F_N$  znižuje a tak i klesá trenie medzi lyžami a snehom. Naopak zrýchľujúca sila  $F_T$  sa zvyšuje.

### 3.5. Tlakové a reakčné sily medzi lyžami a snehom

#### Tlakové sily

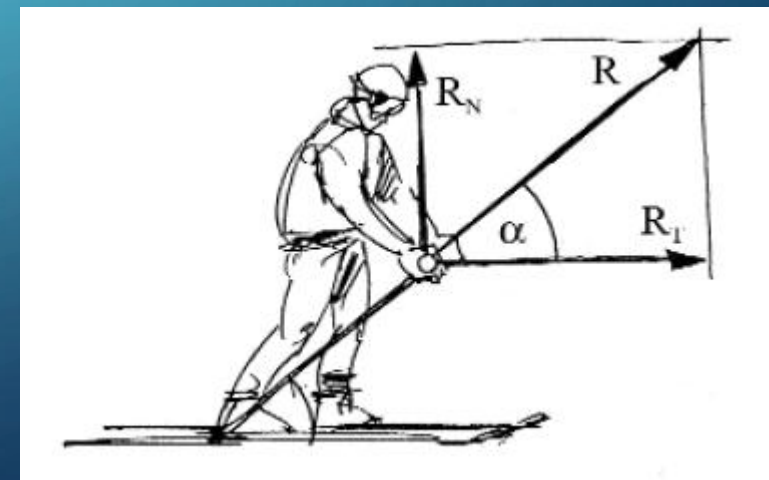
Skutočné rozloženie tlakového poľa, ktoré je dôsledkom akčných a

reakčných síl medzi lyžami a snehovou podložkou, je celkom odlišné od zjednodušenej predstavy jednej tlakovej sily vo forme tiažovej sily  $F_G$ .



#### Reakčné sily

Reakčné sily vznikajú v mieste pôsobenia akčných síl. Napr. tiažová sila ako prejav hmotnosti ( teoretického ťažiska ) tela  $F_G$  je pociťovaná ako reakcia na chodidlách lyžiara.



## 3.6. Disipatívne procesy

**Disipatívni procesy** - rozumieme nevratný rozptyl častí energií pri transformáciách z jednej jej formy na druhú (Maršík 1999). Disipatívne procesy sú prakticky všetky reálne procesy, ktoré existujú pri bežnej ľudskej činnosti. Chôdza, let lietadla, pracovné a športové činnosti, napr. jazda na lyžiach a pod

### Trecie sily

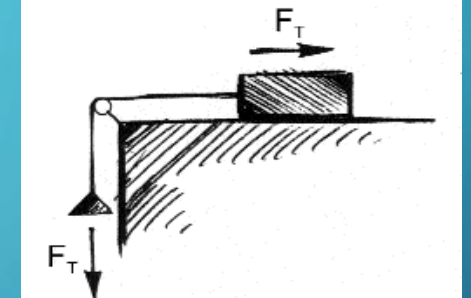
Trecie sily spôsobujú disipatívnu časť procesu, kde sa kinetická energia čiastočne a nevratne rozptyľuje do tepelnej energie. Trenie vzniká vždy pri spoločnom dotyku vzájomne sa pohybujúcich telies. Obyčajne trenie nezávisí na veľkosti plôch dotýkajúcich sa predmetu, ale na kolmej sile, už sú k sebe obe plochy tlačené.

$$F = \mu \cdot FN [N]$$

## Koeficienty trenia sa dajú určiť nasledujúcimi spôsobmi:

a) Pomocou sily  $F_T$ , ktorou sa snažíme uviesť teleso do pohybu a stále ju zväčšujeme. V okamžiku začatia pohybu telesa je sila  $F_T$  zmeraná a koeficient  $\mu_0$  určíme zo vzťahu :

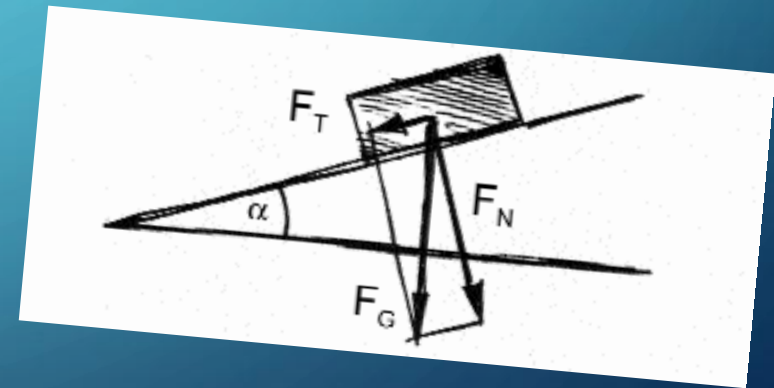
$$\mu_0 = \frac{F_T}{F_N}$$



b) Využitím vlastností naklonených roviny. Tu ide vlastne o modifikáciu predošlého spôsobu, kde veľkosť trecej sily  $F_T$  určíme zo vzťahu:

$$F_T = F_G \cdot \sin \alpha$$

$$\mu_0 = \frac{F_T}{F_N} \quad \mu_0 = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \quad \text{tg } \alpha = \mu_0$$



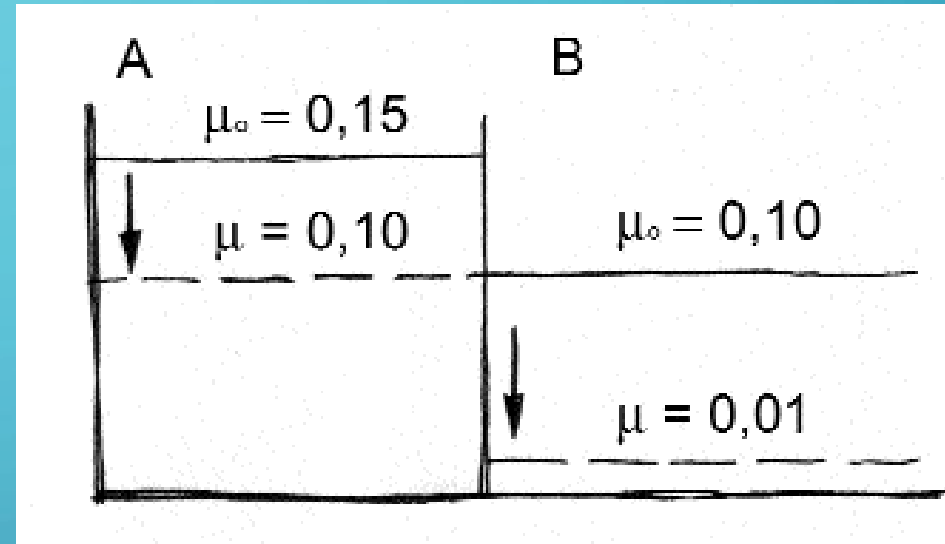
Obi dve metódy, ktorými sa dajú získať presné hodnoty  $\mu$  a  $\mu_0$  sa praktizujú na prístrojoch nazývaných tribometer. Zmeny medzi koeficientami  $\mu$  a  $\mu_0$  pri zahájení vzájomného pohybu oboch telies sú schematicky zachytené na obrázku (Obr. Stanovenie koeficientu trenia na naklonenej rovine).

## Príklad zmeny koeficientu $\mu_0$ na $\mu$ :

A – oceľ na oceli - suchá

B - oceľ na bronz - dobre mazaný

→ - zmena  $\mu_0 \rightarrow \mu$  pri vzniku pohybu



Hodnoty trecej sily **FT** pri pohybe potom určíme ako veľkosť sily, ktorá práve stačí udržať teleso v rovnomernom relatívnom pohybe po povrchu druhého telesa. Pokiaľ ide o koeficient šmykového trenia (koeficient trenia), všimneme si jeho význam pri jazde na lyžiach.



# POUŽITÁ LITERATÚRA :

- <http://data2.collectionscanada.gc.ca/ap/a/a103922.jpg>
- <https://i.ytimg.com/vi/Hxs6KoRYAMw/maxresdefault.jpg>
- <http://www.thehockeynews.com/blog/wp-content/uploads/2014/08/McDavid-640x394.jpg>
- [http://assets.sbnation.com/assets/213093/Brooks\\_Laich\\_Overhead.jpg](http://assets.sbnation.com/assets/213093/Brooks_Laich_Overhead.jpg)
- [http://i.usatoday.net/sports/\\_photos/2012/01/28/Charas-shot-highlights-skills-contest-O5TMQ9S-x-large.jpg](http://i.usatoday.net/sports/_photos/2012/01/28/Charas-shot-highlights-skills-contest-O5TMQ9S-x-large.jpg)
- <http://cdn2.modernman.com/wp-content/uploads/2011/10/hockey510.jpg>
- [http://www.arcticcoliseum.net/images/Making-ice/2nd\\_night\\_3\\_web.JPG](http://www.arcticcoliseum.net/images/Making-ice/2nd_night_3_web.JPG)
- <http://data2.collectionscanada.gc.ca/ap/a/a139443.jpg>
- [http://megaicons.net/static/img/icons\\_sizes/8/60/256/sports-skiing-icon.png](http://megaicons.net/static/img/icons_sizes/8/60/256/sports-skiing-icon.png)
- <http://www.hotelchristiania.com/wp-content/uploads/2013/10/Skier.png>
- <http://whowouldwinafight.com/wp-includes/images/contestants/skiing.png>
- <http://skisport.by/i/bg/skier6.png>