

Ahojte 1.A; 1.B; 1.C; 1.D.

Dnes Vám posielam prvý materiál týkajúci sa témy trenie. Bohužiaľ pokusy s meraním trecej sily robiť nemôžeme, ale ako náhradu si pozriete dané pokusy vo videu Rande s fyzikou. Následne si budete robiť poznámky hlavne z prezentácie, ktorú nájdete na momentálne bezplatne sprístupnenej stránke <http://muf.skola.sk/>, kde **je potrebné zaregistrovať sa bezplatne ako študent školy!** – je to multimediálna učebnica fyziky od PaedDr. Jozefa Beňušku, Phd. – učiteľa fyziky z martinského gymnázia. V dnešnej téme budete mať opäť vyžltené časti, ktoré mi pošlete nabudúce spolu s úlohami z predchádzajúceho týždňa. (dnes – poznámky + príklad 2G)

Trenie (statické = pokojové; dynamické = šmykové; valivý odpor), trecia sila (statická F_{t0} ; šmyková F_t), koeficient (= súčiniteľ) statického (f_0) a dynamického (f) trenia

V úvode si pozrite 13 minútové video programu Rande s fyzikou - Trenie a valivý odpor

<http://www.ceskatelevize.cz/porady/10319921345-rande-s-fyzikou/211563230150007-treni-a-valivy-odpor/>

Na základnej škole ste sa v rámci fyziky témy trenia už venovali, a mnohé javy poznáte z bežnej skúsenosti, takže táto téma by vám nemala byť neznáma. Na základe videa, prezentácie (<http://muf.skola.sk/ucebnica-fyziky-pre-ss/dynamika/5/>) (treba sa bezplatne registrovať) a materiálov z príloh na konci tohto dokumentu odpovedzte písomne na tieto otázky:

Čo je šmykové trenie – prečo vzniká,

kde a ktorým smerom pôsobí šmyková trecia sila,

od čoho závisí veľkosť šmykovej trecej sily,

ako vypočítame veľkosť šmykovej trecej sily na vodorovnej rovine

$$F_{trecia} = F_t = f \cdot F_{kolmá na podložku} = f \cdot F_g = f \cdot m \cdot g$$

čo je koeficient (= súčiniteľ) šmykového trenia

akú má jednotku

ako by sa dal zmerať

kde nájdeme jeho hodnoty - pozri modré Matematické, fyzikálne a chemické tabuľky pre stredné školy, str. 181, prípadne obrázok na konci tohto textu v prílohe.

Naklonenú rovinu robiť nebudeme – iba si ich pozrite, ale slajdom 7, 8, 9,10,14 sa ďalej venovať nebudeme.

Čo je pokojové trenie,

Ako určíme pokojovú treciu silu na vodorovnej podložke

$$F_{pokojová trecia} = F_{t0} = f_0 \cdot F_{kolmá na podložku} = f_0 \cdot F_g = f_0 \cdot m \cdot g$$

aká je hodnota pokojovej trecej sily (koeficientu pokojového trenia) v porovnaní s hodnotou šmykovej trecej sily (koeficientu šmykového trenia),

Aké sú výhody a nevýhody trenia (t.j. kedy nám trenie pomáha a kedy škodí) – vymenujte aspoň tri príklady z praxe

v akých situáciách sa snažíme trenie zväčšiť a kedy zmenšiť - vymenujte aspoň tri príklady z praxe

Čo je valivý odpor + príklad využitia valivého odporu v praxi (pomôcka – stavanie pyramíd, valivé ložiská)

Príklady javov, materiálov a zariadení, ktoré by bez trenia nefungovali sú chôdza, zips, spoje, tkané látky, uzly, zápalky. **Nájdí ešte aspoň dve ďalšie.**

Príklad 1 – Polárny cestovateľ sa chystá na výpravu so psím záprahom. Aký minimálny počet psov potrebuje? Hmotnosť saní, nákladu a jazdca je dohromady 120 kg. Súčiniteľ šmykového trenia medzi lyžami saní a mäkkým snehom je 0,2. Ťažný pes je schopný dlhodobo vyvinúť ťažnú silu 50 N.



Zápis: $m = 120 \text{ kg}$

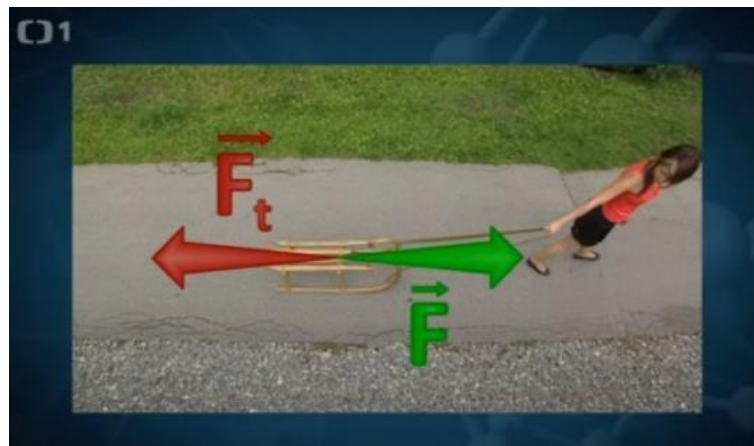
$f = 0,2$

$F_1 = 50 \text{ N}$

$N = ?$ počet psov

Riešenie:

Tu uvažujeme o saniach v pohybe. Aby sa sane pohybovali rovnomerným pohybom RP. Vtedy je výsledná sila nulová, čo je obsahom I. Newtonovho pohybového zákona, 1. NPZ. Ťažná sila (na obrázku zelená) je v rovnováhe so šmykovou trecou silou (na obrázku červená).



$$F_{\text{ťažná}} = F_{\text{trecia}} = f \cdot F_{\text{kolmá na podložku}} = f \cdot F_g = f \cdot m \cdot g = 0,2 \cdot 120 \cdot 10 = 240 \text{ N}$$

1 pes vie dlhodobo vyvinúť ťažnú silu $F_1 = 50 \text{ N}$, na ťažnú silu 240 N budeme teda potrebovať

$$N = \frac{F_{\text{ťažná}}}{F_1} = \frac{240 \text{ N}}{50 \text{ N}} = 5 \text{ psov}$$

Doplňujúca otázka: Ako to, že sa sane rozbehnú z pokoja?

Príklad 2: Urči veľkosť sily, ktorou je potrebné vodorovne pôsobiť na teleso s hmotnosťou 10 kg na vodorovnej podložke, aby sa pohybovalo

- A; bez trenia rýchlosťou 4 m.s^{-1}
- B; bez trenia so zrýchlením 3 m.s^{-2}
- C; s trením ($f = 0,1$) rýchlosťou 2 m.s^{-1}
- D; s trením ($f = 0,1$) a so zrýchlením 1 m.s^{-2}
- E; s trením ($f = 0,1$) a so spomalením 1 m.s^{-2}
- F; s trením ($f = 0,1$) a so spomalením $0,5 \text{ m.s}^{-2}$
- G; s trením ($f = 0,1$) a so spomalením 2 m.s^{-2}**

Vo všetkých prípadoch uvažuj hodnotu tiažového zrýchlenia $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

Riešenie:

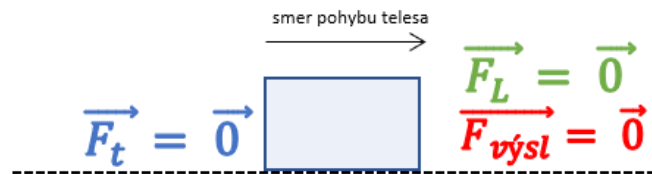
Dôležité je si uvedomiť, ktoré sily na teleso pôsobia, v ktorom smere a tiež aký pohyb teleso vykonáva. Tento príklad je veľmi podobný príkladom typu výťah, ktoré sme mali minule.

Riešenie opäť bude pozostávať z 3- och krokov - Postup je pre všetky úlohy podobný (dobré si premyslite jednotlivé kroky, v pochopení pomôže napríklad aj jednoduchý pokus. Na šnúрку si pripevníte ľubovoľné teliesko a pozorujete, čo sa deje, keď s ním pohybujete, šmýkate po podložke, pohybom rovnomerným, zrýchleným, spomaleným po rôznych podložkách. Aj keď nemáte k dispozícii silomery, môžete cítiť veľkosť ťažnej sily lana pri pohybe telieska

1. Na teleso pri pohybe na vodorovnej podložke pôsobia vo vodorovnom smere 2 sily – ťažná sila lana F_L a v prípade, že uvažujeme trenie aj trecia sila $F_t = f \cdot F_g = f \cdot m \cdot g$. Spolu tieto sily tvoria silu výslednú $\vec{F}_{vysl} = \vec{F}_L + \vec{F}_t$
2. Uvedomíme si aký pohyb teleso vykonáva.
 - ak ide RP – podľa I. NPZ je vtedy výsledná sila nulová $\vec{F}_{vysl} = \vec{0}$
 - ak ide RZP s daným zrýchlením a : podľa II. NPZ (zákon sily) je výsledná sila $F_{vysl} = m \cdot a$, a jej smer je v smere zrýchlenia telesa
 - Ak ide RSP s daným spomalením, čo je vlastne zrýchlenie so zápornou hodnotou, podľa II. NPZ je výsledná sila $F_{vysl} = m \cdot a$, a jej smer je v smere spomalenia, čiže proti smeru pohybu telesa
3. Nakreslíme obrázok síl. Keďže poznáme veľkosti a smery síl $F_{vysl} = m \cdot a$, $F_t = f \cdot m \cdot g$ dopočítame ťažnú silu lana F_L (veľkosť aj smer) vyjadrením zo vzťahu $\vec{F}_{vysl} = \vec{F}_L + \vec{F}_t$ (vektorový súčet síl). Treba si dať pozor na smery síl! Kresliť obrázky so silami veľmi pomáha v pochopení

A; bez trenia rýchlosťou 4 m.s^{-1}

1. Teliesko sa pohybuje bez trenia, teda $F_t = 0 \text{ N}$.
2. Teliesko ide RP, teda $F_{vysl} = m \cdot a = 0 \text{ N}$
3. Akú silu F_L mám pridať k nulovej trecej sile F_t , aby som dostal/a výslednú nulovú silu?
 - Pre vektory síl platí: $\vec{F}_{vysl} = \vec{F}_L + \vec{F}_t$
 - Pre veľkosť výslednej sily platí: $F_{vysl} = F_t + F_L = 0 \text{ N}$
 - Pre veľkosť ťažnej sily lana platí: $F_L = F_t = 0 \text{ N}$



Teda na lano pôsobíme nulovou silou $F_L = 0 \text{ N}$ (teleso ide bez trenia RP)

B; bez trenia so zrýchlením 3 m.s^{-2}

1. Teliesko sa pohybuje bez trenia, teda $F_t = 0 \text{ N}$.
2. Teliesko ide RZP, teda $F_{vysl} = m \cdot a = 10 \cdot 3 = 30 \text{ N}$
3. Akú silu F_L mám pridať k nulovej sile F_t , aby som dostal/a výslednú silu 30 N ?

Pre vektory síl platí:

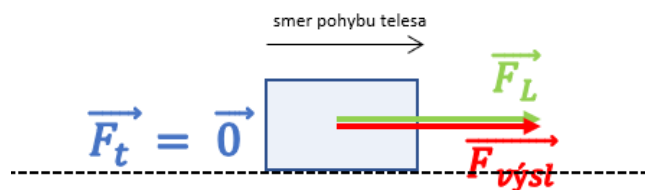
$$\vec{F}_{vysl} = \vec{F}_L + \vec{F}_t$$

Pre veľkosť výslednej sily platí:

$$F_{vysl} = F_t + F_L = m \cdot a = 30 \text{ N}$$

Pre veľkosť ťažnej sily lana platí:

$$F_L = F_{vysl} + F_t = 30 + 0 = 30 \text{ N}$$



Teda na lano pôsobíme silou v smere pohybu telesa $F_L = 30 \text{ N}$ (teleso ide bez trenia RZP)

C; s trením ($f = 0,1$) rýchlosťou 2 m.s^{-1}

1. Teliesko sa pohybuje s trením, $F_t = f \cdot F_g = f \cdot m \cdot g = 0,1 \cdot 10 \cdot 10 = 10 \text{ N}$.
2. Teliesko ide RP, teda $F_{vysl} = m \cdot a = 0 \text{ N}$
3. Akú silu F_L mám pridať k trecej sile F_t , aby som dostal/a výslednú silu 0 N .

Pre vektory síl platí:

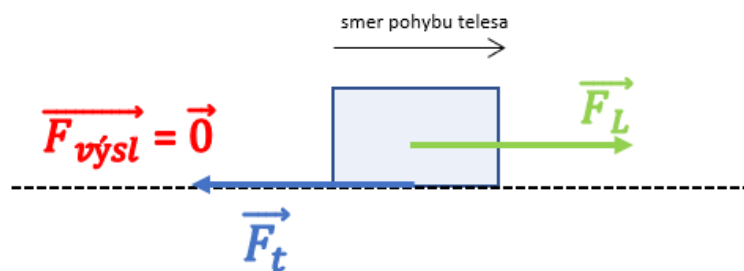
$$\vec{F}_{vysl} = \vec{F}_L + \vec{F}_t$$

Pre veľkosť výslednej sily platí:

$$F_{vysl} = F_t + F_L = m \cdot a = 0 \text{ N}$$

Pre veľkosť ťažnej sily lana platí:

$$F_L = F_t = 10 \text{ N}$$



4.

Teda na lano pôsobíme silou v smere pohybu telesa $F_L = 10 \text{ N}$ (teleso ide s trením RP)

D; s trením ($f = 0,1$) a so zrýchlením 1 m.s^{-2}

1. Teliesko sa pohybuje s trením, $F_t = f \cdot F_g = f \cdot m \cdot g = 0,1 \cdot 10 \cdot 10 = 10 \text{ N}$.
2. Teliesko ide RZP, teda $F_{vysl} = m \cdot a = 10 \cdot 1 = 10 \text{ N}$ a má smer zrýchlenia – v smere pohybu telesa
3. Akú silu F_L mám pridať k trecej sile $F_t = 10 \text{ N}$ smerujúcej proti pohybu, aby som dostal/a výslednú silu 10 N v smere pohybu?

Pre vektory síl platí:

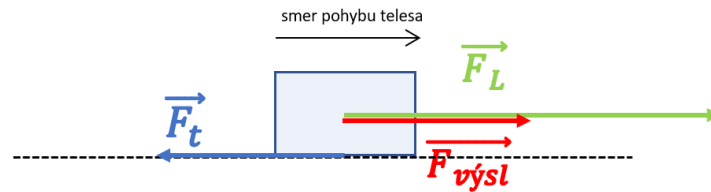
$$\vec{F}_{vysl} = \vec{F}_L + \vec{F}_t$$

Pre veľkosť výslednej sily platí:

$$F_{výsl} = F_L - F_t = m \cdot a = 10 \text{ N}$$

Pre veľkosť ťažnej sily lana platí:

$$F_L = F_{výsl} + F_t = 10 + 10 = 20 \text{ N}$$



Teda na lano pôsobíme silou v smere pohybu telesa **$F_L = 20 \text{ N}$** (teleso ide s trením RZP)

E; s trením ($f = 0,1$) a so spomalením $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

1. Teliesko sa pohybuje s trením, $F_t = f \cdot F_g = f \cdot m \cdot g = 0,1 \cdot 10 \cdot 10 = 10 \text{ N}$.

2. Teliesko ide RSP, teda $F_{výsl} = m \cdot a = 10 \cdot 1 = 10 \text{ N}$ a má smer spomalenia, teda proti smeru pohybu telesa

3. Akú silu F_L mám pridať k trecej sile $F_t = 10 \text{ N}$ smerujúcej proti pohybu, aby som dostal/a výslednú silu 10 N proti smeru pohybu?

Pre vektory síl platí:

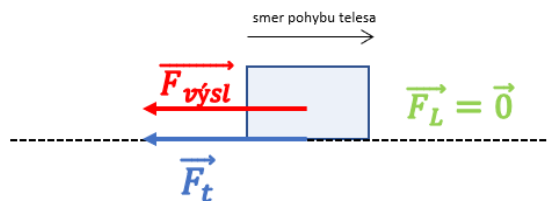
$$\vec{F}_{výsl} = \vec{F}_L + \vec{F}_t$$

Pre veľkosť výslednej sily platí:

$$F_{výsl} = F_L - F_t = m \cdot a = 10 \text{ N}$$

Pre veľkosť ťažnej sily lana platí:

$$F_L = F_{výsl} + F_t = 10 + 10 = 20 \text{ N}$$



Teda na lano pôsobíme silou **$F_L = 0 \text{ N}$** (teleso ide s trením RSP)

F; s trením ($f = 0,1$) a so spomalením $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

1. Teliesko sa pohybuje s trením, $F_t = f \cdot F_g = f \cdot m \cdot g = 0,1 \cdot 10 \cdot 10 = 10 \text{ N}$.

2. Teliesko ide RSP, teda $F_{výsl} = m \cdot a = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ N}$ a má smer spomalenia, teda proti smeru pohybu telesa

3. Akú silu F_L mám pridať k trecej sile $F_t = 10 \text{ N}$ smerujúcej proti pohybu, aby som dostal/a výslednú silu 5 N proti smeru pohybu?

Pre vektory síl platí:

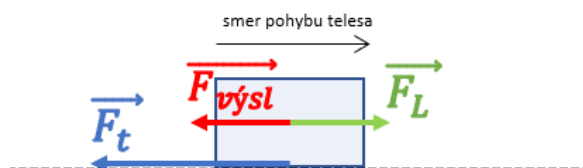
$$\vec{F}_{výsl} = \vec{F}_L + \vec{F}_t$$

Pre veľkosť výslednej sily platí:

$$F_{výsl} = F_t - F_L = m \cdot a = 5 \text{ N}$$

Pre veľkosť ťažnej sily lana platí:

$$F_L = F_t - F_{výsl} = 10 - 5 = 5 \text{ N}$$



Teda na lano pôsobíme silou v smere pohybu telesa **$F_L = 5 \text{ N}$** (teleso ide s trením RSP)

G; s trením ($f = 0,1$) a so spomalením $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

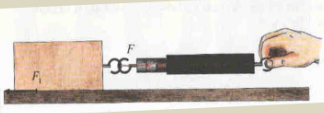
Prílohy:

Poznámky o trení nájdete aj na rôznych stránkach, napr.

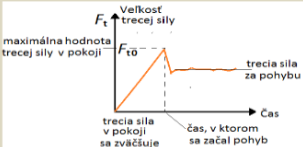
<http://www.ucebnafyziky.wz.sk/8.rocnik/poznamky%208.r/poznamky%20trenie.trecia%20sila.pdf>

Trenie. Trecia sila a jej meranie

Medzi povrchmi pevných telies, ktoré sú na sebe položené alebo sa po sebe pohybujú, existujú **trecie sily**. Pri posúvaní jedného telesa po povrchu druhého telesa hovoríme o **šmykovom trení** a meraní **šmykovej trecej sile**, ktorú budeme označovať F_t . Trecia sila má opačný smer ako sila, ktorá spôsobuje pohyb telesa. Šmyková trecia sila pôsobí v mieste, kde sa plocha pohybujúceho telesa a plocha podložky dotýkajú.



Velkosť šmykovej trecej sily závisí od materiálu, z ktorého je vyrobená podložka a tiež povrch šmykajúceho sa predmetu. **Trenie sa zväčšuje s nárastom drsnosti povrchu plôch, ktorými sa predmet a podložka dotýkajú.** Dokonale vyčistené plochy sa po sebe posúvajú ťažko. Vysvetľujeme to vzájomným silovým pôsobením medzi časticami povrchov dotýkajúcich sa predmetov.




Graf závislosti veľkosti trecej sily od času pri pohybe kvádra po podložke.

Nameranú silu nehybného telesa nazývame **pokojuvou trecou silou**. Pokojová trecia sila je väčšia ako trecia sila pri pohybe.

Sila, ktorou teleso tlačí na podložku voláme **tlakovú silu**.

Kolkokrát sa zväčší tlaková sila na podložku, toľkokrát sa zväčší aj šmyková trecia sila. **Šmyková trecia sila je priamoúmerná tlakovej sile, ktorou pôsobí teleso na podložku.**

a) b) c)




Ak je šmykajúce sa teleso z rovnakého materiálu ako podložka, trenie charakterizuje konštanta pre daný materiál. Jeho hodnota sa zisťovala meraním a možno ju vyhľadať v tabuľkách.

Škodlivé a užitočné trenie

Keď sa teleso po podložke nešmyká, ale valí pomocou kolies či valčekov, premení sa šmykové trenie na **valivé trenie**. Valivé trenie je omnoho menšie ako šmykové.

Na zmenšenie trenia sa používajú guľôčkové a valčekové ložiská, ktorými sa premieňa šmykové trenie na valivé. Ložiská sú súčasťou strojov, automobilov, bicyklov a ďalších zariadení.



Aby sme zmenšili trenie na osiach kolies používame rôzne druhy mazív – oleje, vazelíny – všade tam, kde sa navzájom šmykajú časti rôznych strojných zariadení.

Sú však prípady, keď sa snažíme trenie zvyšovať. Keby neexistovalo trenie, nemohli by sme písať kriedou na tabuľu. O zväčšenie trenia sa snažíme pri konštrukcii brzd v automobiloch a bicykloch, ale aj pri chôdzi na zľadovatenej ceste, keď posypame ľad popolom či pieskom.

<https://www.gymsnv.sk/predmetyZoznam/fyzika/dokumenty/Prvaci/11TreciaSila.pdf>

Trecia Sila

1. **Trenie** je jav, ktorý vzniká pri pohybe telesa po telese. Pri každom trení existuje trecia sila, ktorá pôsobí vždy proti smeru pohybu.
2. **Trecia sila závisí od:**
 - a. Sily, ktorou pôsobí teleso kolmo na rovinu pohybu – normálovej sily F_N .
 - b. Vlastností oboch povrchov, telesa i roviny – súčiniteľ šmykového trenia.
3. **Trecia sila nezávisí od:**
 - a. Veľkosti plochy povrchu
 - b. Rýchlosti pohybu
4. **Statické (pokojuvé) trenie** je trenie, vznikajúce medzi telesami, ktoré sa vzhľadom k sebe nepohybujú – sú v pokoji.

$$F_t = f_0 F_N$$

5. **Šmykové trenie** je trenie, ktoré vzniká pri posuvnom pohybe medzi telesami.

$$F_t = f F_N$$

F_t – Trecia sila v (N)

f_0 – je súčiniteľ statického trenia (-)

f – je súčiniteľ šmykového trenia (-)

F_N – je kolmá tlaková sila medzi telesami (napr. tiaž telesa) v (N). Môžeme ju zväčšiť pridaním iných síl (pritlačenie).

6. Súčiniteľ šmykového trenia je vždy väčší ako súčiniteľ statického trenia.



Koeficient (súčiniteľ) šmykového a pokojového trenia (modré Matematické, fyzikálne a chemické tabuľky pre stredné školy, str. 181) – tu používajú značenie μ (μ_0) ale to je to isté ako f (f_0), všimnite si, že hodnoty koeficientu statického trenia μ_0 (čiže f_0) sú väčšie ako hodnoty koeficientu dynamického trenia μ (čiže f).

44. Súčinitele klzného trenia

μ_0 — súčiniteľ klzného trenia, ak sa začína pohyb z pokoja; μ — súčiniteľ klzného trenia v pohybe

Látka	μ_0	μ
Oceľ na oceľ, suchá	0,15	0,10
Oceľ na bronz, suchá	0,18	0,16
Oceľ na bronz, mastená	0,1	0,01
Oceľ na drevo (priemerne)	0,55	0,35
Drevo na drevo (priemerne)	0,65	0,30
Koža na kove	0,60	0,25
Kožový remeň na látke	0,56	0,28
Kožový remeň na dreve	0,47	0,27
Oceľ na ľade	—	0,027
Drevo na ľade alebo snehu	—	0,035
Guma (pneumatika) na ľade	0,1–0,2	—
Guma na mokrom asfalte	0,2–0,5	—
Guma na suchom asfalte	0,55	—
Guma na dlažbe (veľké kocky)	0,6	—
Guma na dlažbe (malé kocky)	0,6–0,7	—
Guma na betone	0,7–0,8	—

45. Ramená valivého odporu

F_t — sila pôsobiaca proti pohybu; r — polomer kola; F_n — tlaková sila kola na podložku; ξ — rameno valivého odporu

$$rF_t = \xi F_n$$

Látka	ξ mm
Tvrde drevo na tvrdom dreve	0,8
Mäkká oceľ na mäkkej oceli	0,5
Tvrdá oceľ na tvrdej oceli	0,03
Kalené guľôčky na kalených krúžkoch	0,01
Gumové kolesá na kamennej dlažbe	2,5
Gumové kolesá na valcovanej ceste	2
Gumové kolesá na asfalte	1,6
Oceľové kolesá na kofajniciach	0,5
Koleso s oceľovými obručami na asfaltovej ceste	5
Kolesá na dlaždenej ceste	10
Kolesá na štrkovej ceste	15–60