

Meno a priezvisko:

Škola:

Školský rok/blok:

Predmet:

Skupina:

Trieda:

Dátum:

Škola pre mimoriadne nadané deti a Gymnázium

Fyzika

Teória

2 Mechanika hmotného bodu

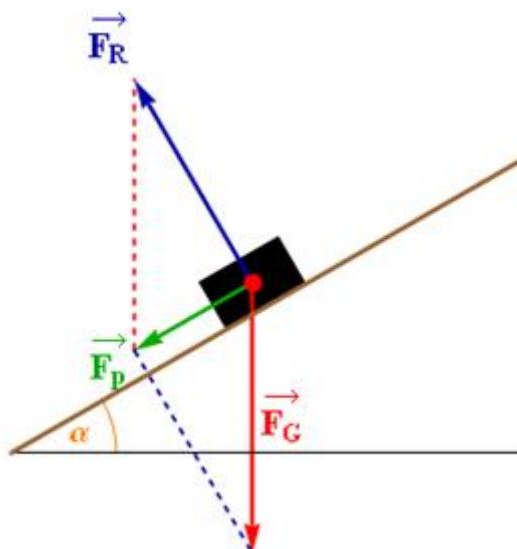
Dynamika – teleso na naklonenej rovine

2.7 Teleso na naklonenej rovine

V reálnom živote sa môžeme stretávať s aplikáciou naklonenej roviny. Preto je nevyhnutné správne opísať sily, ktoré na teleso na naklonenej rovine pôsobia.

V praxi je možné naklonenú rovinu použiť napríklad pri zdvíhaní telies do schodov (na schody stačí položiť dosku vhodných rozmerov), ako naklonenú rovinu je možné opísať aj skrutku, ...

Uvažujme naklonenú rovinu zvierajúcu s vodorovnou rovinou uhol α , ktorá je umiestnená v homogénnom gravitačnom poli. Na teleso na tejto naklonenej rovine pôsobí gravitačná (tiažová) sila $\vec{F}_G$.



Na teleso pôsobí aj reakčná sila $\vec{F}_R$ naklonenej roviny; táto sila je kolmá na naklonenú rovinu.

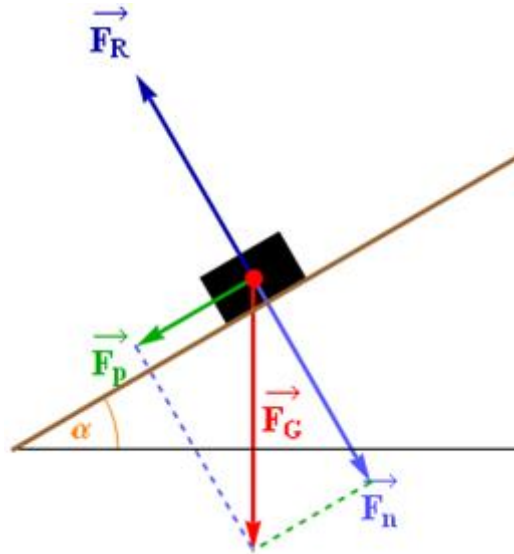
Tiažovou silou pôsobí na teleso Zem, reakčnou silou pôsobí na toto teleso naklonená rovina.

Pokiaľ nebudeme uvažovať trecie sily a odporové sily vzduchu, potom na uvažované teleso žiadne iné sily nepôsobia. Výslednicou gravitačnej sily a reakčnej sily je sila $\vec{F}_p$, ktorá spôsobuje pohyb telesa; jej smer je rovnobežný s naklonenou rovinou. Platí vzťah:

$$\vec{F}_p = \vec{F}_G + \vec{F}_R \quad (1)$$

Reakčná sila je práve taká veľká, že výslednica $\vec{F}_p$ má práve uvedený smer. Skutočnosť, že naklonená rovina „pozná“, akou veľkou silou sa má brániť proti gravitačnej sile, ktorou teleso na naklonenú rovinu tlačí, je daná deformáciou naklonenej roviny. Vyššia hmotnosť telesa položeného na naklonenej rovine spôsobí väčšiu deformáciu naklonenej roviny a teda aj väčšiu reakčnú silu.

Pohybovú silu $\vec{F}_p$, ktorá uvedie teleso na naklonenej rovine do pohybu, je možné získať tak, že tiažovú silu $\vec{F}_G$ rozložíme na dve navzájom kolmé zložky:



1. Normálová sila $\vec{F}_n$, ktorá je vždy kolmá k podložke;
2. Pohybová sila (pohybová zložka gravitačnej sily) $\vec{F}_p$, ktorá je rovnobežná s naklonenou rovinou.

Rozklad na dve kolmé zložky je vždy je vždy jednoduchší ako z fyzikálneho hľadiska, tak z hľadiska matematického (po rozkreslení danej situácie získame pravouhlé trojuholníky, na ktoré je možné aplikovať goniometrické funkcie i Pythagorovu vetu). Aby bol tento rozklad fyzikálne korektný, musia mať takto vytvorené zložky pôvodnej sily fyzikálny zmysel. A v tomto prípade majú.

Veľkosti síl $\vec{F}_p$ a $\vec{F}_n$ môžeme vyjadriť pomocou goniometrických funkcií uhlu α . Platí:

$$F_p = F_G \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

a

$$F_n = F_G \cdot \cos \alpha \quad (3)$$

V tomto prípade sa teleso pohybuje po naklonenej rovine so zrýchlením s veľkosťou a , čo vyplýva z druhého Newtonovho zákona. Silou, ktorá udeľuje telesu na naklonenej rovine zrýchlenie, je pohybová sila $\vec{F}_p$, a preto môžeme jej veľkosť napísať v tvare:

$$F_p = m \cdot a \quad (4)$$

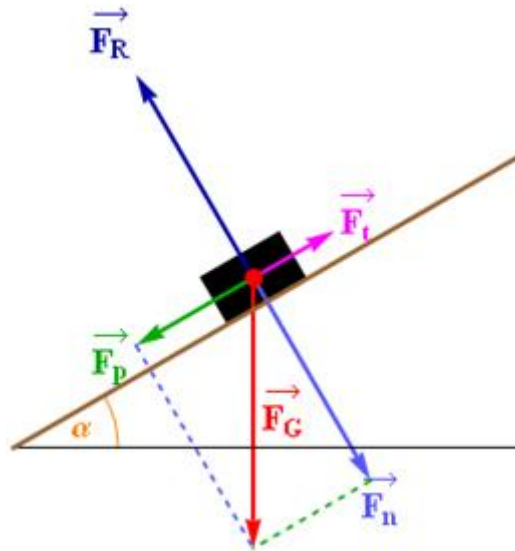
Tento vzťah je možné ďalej rozpísať s využitím vzťahu (2) a vzťahu pre veľkosť gravitačnej sily. Dostávame teda vzťah $m \cdot g \cdot \sin \alpha = m \cdot a$, odkiaľ je možné s využitím matematickej podoby druhého Newtonovho zákona vyjadriť veľkosť zrýchlenia v tvare:

$$a = g \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

Ako vyplýva zo vzťahu (5), veľkosť zrýchlenia telesa, ktoré sa pohybuje po naklonenej rovine, nezávisí od hmotnosti tohoto telesa. Závisí len na uhle, ktorý zvierá naklonená rovina s vodorovnou rovinou.

Veľkosť uvažovaného zrýchlenia závisí tiež na veľkosti tiažového zrýchlenia, ktoré pre naše potreby na Zemi považujeme za konštantné.

Rozklad gravitačnej sily na dve navzájom kolmé zložky je užitočný najmä v prípade, keď budeme uvažovať silu šmykového trenia $\vec{F}_t$, ktorá pôsobí medzi telesom na naklonenej rovine a touto naklonenou rovinou. Trecia sila pôsobí vždy proti smeru pohybu telesa a leží v styčných plochách oboch telies.



Na obrázku je znázornené teleso na naklonenej rovine, na ktoré pôsobí aj trecia sila, ale pre zvýšenie prehľadnosti je zobrazená trecia sila mimo styčnej plochy telies.

Veľkosť trecej sily je možné napísať vo všeobecnosti ako $F_t = f \cdot F_n$, kde f je súčiniteľ šmykového trenia medzi telesom a naklonenou rovinou. S využitím vzťahu (3) môžeme veľkosť trecej sily pôsobiacej na teleso na naklonenej rovine napísať v tvare:

$$F_t = f \cdot F_G \cdot \cos \alpha \quad (6)$$

Pohybový stav telesa bude závisieť na vzájomnej veľkosti pohybovej sily $\vec{F}_p$ a veľkosti trecej sily $\vec{F}_t$. Môžu nastať tri prípady:

1. $F_p < F_t$ - **teleso, ktoré bolo v pokoji, v pokoji aj zostáva.** Telesom ktoré bolo na vrchole naklonenej roviny uvedené do pohybu, by sa pohybovalo so zrýchlením, ktoré mieri smerom hore; teleso by spomalovalo. Trenie medzi naklonenou rovinou a telesom je také veľké (resp. uhol sklonu naklonenej roviny tak malý), že sa teleso samovoľne nerozbehne, resp. pohybujúce teleso sa zastaví.
2. $F_p = F_t$ - **veľkosti oboch síl sú rovnaké, a preto (vzhľadom k ich opačnému smeru) je výslednica síl pôsobiacich na teleso nulová.** V súlade s prvým Newtonovým zákonom sa teleso pohybuje rovnomerne priamočiaro alebo je v pokoji. Každopádne je veľkosť zrýchlenia telesa v tomto prípade nulová.
3. $F_p > F_t$ - **výsledná sila $\vec{F}$ pôsobiaca na teleso je nenulová a v tomto prípade má smer pohybu telesa.** Pre veľkosť tejto výslednice môžeme napísať vzťah $F = F_p - F_t$. V súlade s druhým Newtonovým zákonom dostávame:

$$F_p - F_t = m \cdot a \quad (7)$$

Vzťah (7) je analogický k (4), ktorý platil pre prípad zanedbateľného trenia medzi telesom a naklonenou rovinou. S využitím vzťahov (2) a (6) a vzťahu pre veľkosť gravitačnej sily môžeme vzťah (7) prepísať v tvare $m \cdot g \cdot \sin \alpha - f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha = m \cdot a$. Odtiaľto pre veľkosť zrýchlenia dostávame:

$$a = g \cdot (\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha) \quad (8)$$

Ani v prípade, keď uvažujeme trecie sily pôsobiace medzi telesom na naklonenej rovine a touto rovinou, nezávisí veľkosť zrýchlenia tohoto telesa pohybujúceho sa po naklonenej rovine od hmotnosti. Závisí len od sklonu naklonenej roviny a na súčiniteli šmykového trenia.

Hmotnosť telesa by sa prejavila až vtedy, ak by sme vzali do úvahy odporové sily vzduchu, ktoré by pôsobili na pohybujúce sa teleso.

Podobným spôsobom, ako sme zahrnuli do silovej bilancie telesa na naklonenej rovine silu šmykového trenia, by sme do tejto bilancie započítali silu valivého odporu. Princíp odvodenia vzťahov by sa nezmenil, len by sme namiesto vzťahu pre veľkosť sily šmykového trenia použili vzťah pre veľkosť sily valivého odporu.