

## 2.5.8 Šetříme si svaly II (nakloněná rovina)

**Předpoklady:** 020507

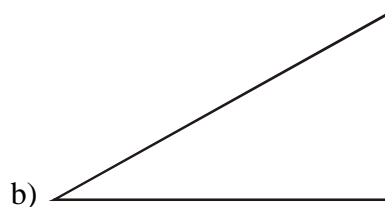
**Pomůcky:** nakloněná rovina, šroub, smotatelná nakloněná rovina

**Př. 1:** Jakým způsobem si lidé ulehčují dopravu nákladů do strmého kopce (třeba nakládání míchačky na káru za auto)?

Vezmou silná prkna, položí je jedním koncem na zem druhým na káru a po těchto prknech káru vytáhnou.

Tomuto vynálezu se říká **nakloněná rovina**.

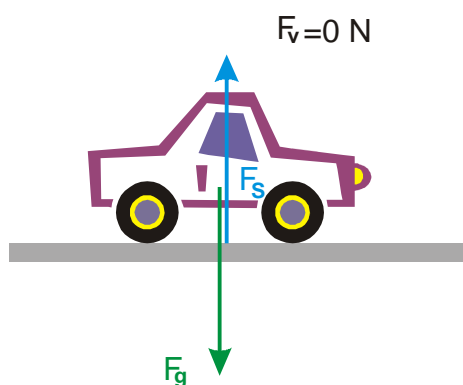
**Př. 2:** Do které nakloněné roviny se bude náklad táhnout hůře? Proč?



Náklad se hůře táhne do pravé nakloněné roviny, protože je strmější (je to větší kopec, více se podobá zvedání kolmo vzhůru, vede větší výšky, ...)

Žádné z předchozích vysvětlení není příliš fyzikální a jasné  $\Rightarrow$  zkusíme si rozebrat situaci a vysvětlit si, jak nakloněná rovina pomáhá.

**Př. 3:** Nakresli obrázek autíčka na vodorovné rovině. Nakresli síly, které na něj působí (tření zanedbej). Čím se řídí velikost těchto sil? Jaká je jejich výslednice? Jakou silou musíme na autíčko působit, aby se začalo pohybovat?



Na autíčko působí dvě síly:

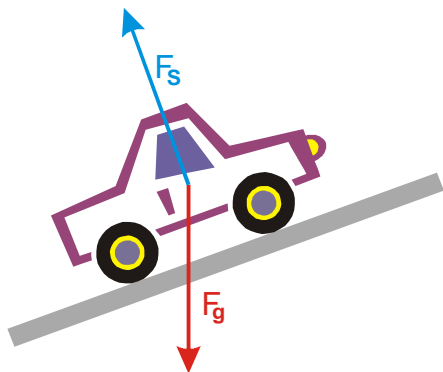
- gravitační síla Země  $F_g$ ,
- tlaková síla silnice  $F_s$ .

Velikost síly  $F_g$  je dána silou přitažlivosti Země a hmotností autíčka. Velikost síly  $F_s$  je taková, aby vyrovnala sílu, kterou na silnici působí autíčko (a která má velikost síly  $F_g$ )  $\Rightarrow$  síla  $F_s$  je velká "jak je potřeba, aby vyrovnala sílu  $F_g$ ".

Výslednice obou sil je nulová.

Stačí nám libovolně malá síla, která bude na autíčko působit ve vodorovném směru, a autíčko se rozjede.

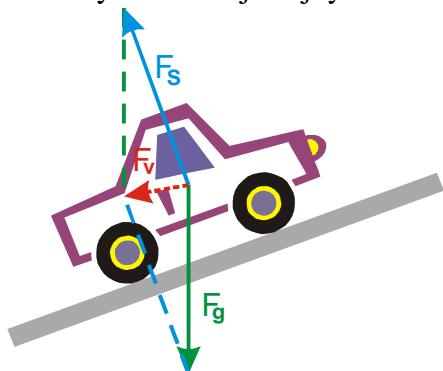
**Př. 4:** Jak se změní předchozí situace, když autíčko nebude na vodorovné rovině, ale na nakloněné rovině? Nakresli obrázek, působící síly a najdi výslednici.



Na autíčko působí dvě síly:

- kolmo dolů gravitační síla Země  $F_g$ ,
- kolmo na silnici tlaková síla silnice  $F_s$ .

Obě síly teď nemají stejný směr a proto se navzájem nevyruší a mají nenulovou výslednici.

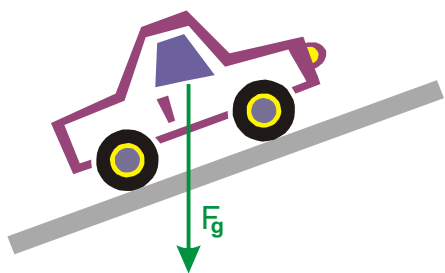


Výsledná síla směřuje dolů vodorovně s nakloněnou rovinou  $\Rightarrow$  snaží se autíčko z nakloněné roviny stáhnout (což je přesně to, co se děje).

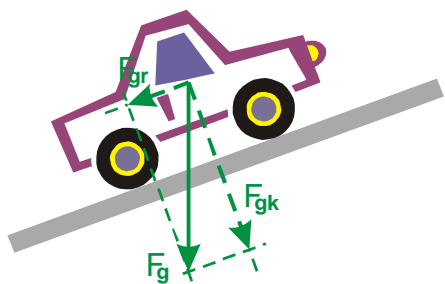
Řešení předchozího příkladu bylo trochu ošizené. Velikost a směr výslednice závisí na velikosti a směru obou sil. U síly  $F_s$  jsme si však zdůvodnili pouze její směr (kolmá k silnici) nikoliv její velikost.

Na vodorovné rovině platilo, že síla  $F_s$  je tak velká, aby vyrušila gravitační sílu  $F_g$  (síla  $F_s$  je partnerskou silou k síle, kterou působí autíčko na silnici).

Na nakloněné rovině je situace složitější, gravitace pořád působí kolmo dolů, takže na nakloněnou rovinu nepůsobí celá, ale pouze její část - část, která je kolmá na nakloněnou rovinu  $\Rightarrow$  rozdělíme si tedy sílu  $F_g$  na část kolmou k nakloněné rovině ( $F_{gk}$ ) a část s nakloněnou rovinou rovnoběžnou ( $F_{gr}$ ).



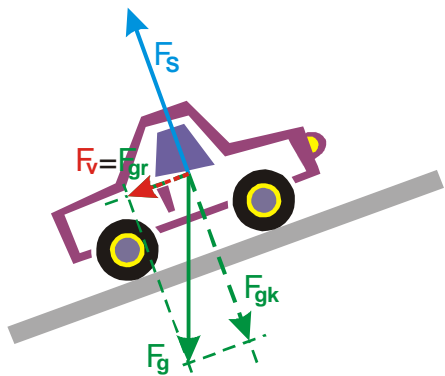
**Př. 5:** Rozlož gravitační sílu působící na autíčko na složku rovnoběžnou a složku kolmou k nakloněné rovině.



**Př. 6:** Prohlédni si obrázek z předchozího příkladu a rozhodni, jak velká bude síla  $F_s$  i výslednice sil  $F_g$  a  $F_s$ .

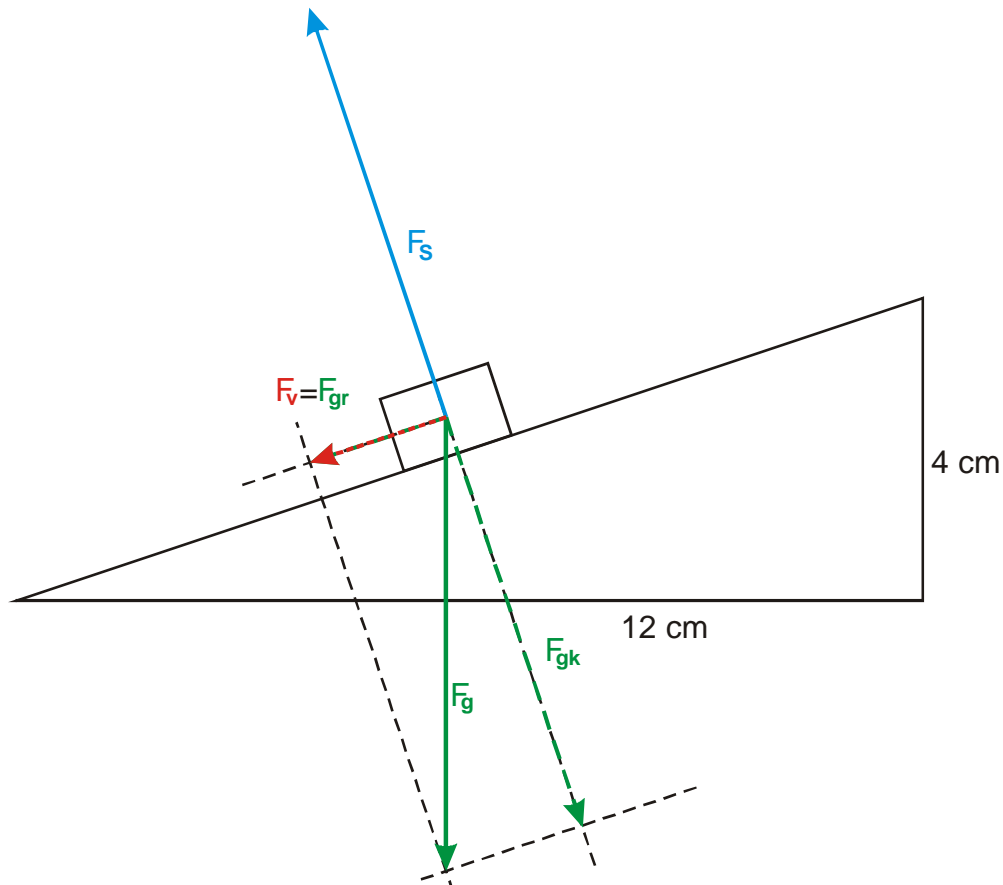
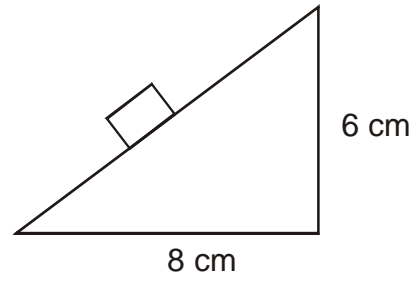
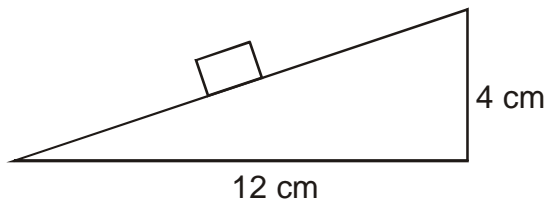
Stejně jako v případě vodorovné silnice bude síla  $F_s$  velká tak, jak je potřeba, tedy aby vyrovnala sílu, která do ní tlačí - sílu  $F_{gk}$ .

Síly  $F_s$  a  $F_{gk}$  se navzájem vyruší (mají stejné velikosti a opačný směr)  $\Rightarrow$  v obrázku zbude pouze složka  $F_{gr}$ , která je tedy i výslednou silou.

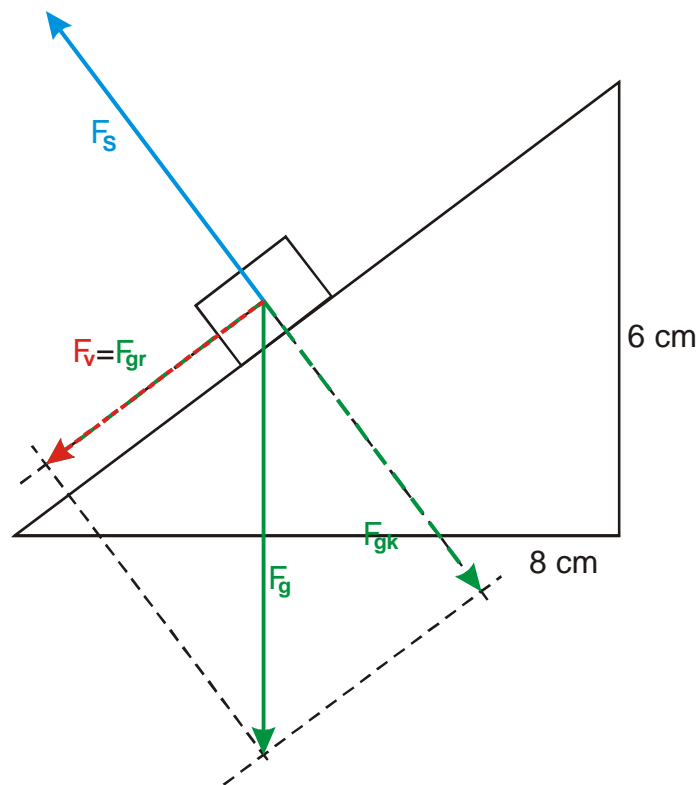


**Př. 7:** Přerýsuj obrázky do sešitu. Kvádřík má hmotnost 6 kg. Narýsuj do obrázků působící síly, najdi jejich výslednici a změř velikost všech sil i složek. Odpovídají výsledky

řešení příkladu 2?



Platí:  $F_v = F_{gr} = 19 \text{ N}$ ,  $F_{gk} = F_s = 57 \text{ N}$ .



Platí:  $F_v = F_{gr} = 36 \text{ N}$ ,  $F_{gk} = F_s = 48 \text{ N}$ .

**Př. 8:** Vysvětli, proč kvádřík z málo nakloněné roviny nesjede, ale při zvětšování jejího sklonu nakonec sklouzne.

Málo nakloněná rovina:

- rovnoběžná složka gravitace  $F_{gr}$  je malá  $\Rightarrow$  síla, která se snaží kvádřík stáhnout z nakloněné roviny je malá,
- kolmá složka gravitace  $F_{gk}$  je velká  $\Rightarrow$  kvádřík hodně tlačí do nakloněné roviny  $\Rightarrow$  mezi kvádříkem a nakloněnou rovinou je velké tření, která zabrání kvádříku sjet dolů.

Zvětšujeme sklon nakloněné roviny:

- rovnoběžná složka gravitace  $F_{gr}$  se zvětšuje malá  $\Rightarrow$  zvětšuje se síla, která se snaží kvádřík stáhnout z nakloněné roviny,
- kolmá složka gravitace  $F_{gk}$  se zmenšuje  $\Rightarrow$  kvádřík stále méně tlačí do nakloněné roviny  $\Rightarrow$  tření mezi kvádříkem a nakloněnou rovinou se zmenšuje,

$\Rightarrow$  při určitém sklonu se tření vyrovná s rovnoběžnou složkou gravitační síly, při dalším zvětšení sklonu je rovnoběžná složka gravitace větší a stáhne kvádřík dolů.

**Př. 9:** Jak se při stavbě silnic postupuje, když není dost prostoru na výstavbu přímé nakloněné silnice?

Stavbaři postaví serpentiny - zkroucenou nakloněnou rovinu.

**Př. 10:** Když nakloněnou rovinu smotáme, získáme závit. Vysvětli:

- a) Jak při utahování poměrně malou utahovací silou vytvoříme obrovskou sílu, která

přitahuje k sobě šroub a matici (a s nimi i spojované předměty).  
b) Proč utažená matka nepovolí.

a) Jak při utahování poměrně malou utahovací silou vytvoříme obrovskou sílu, která přitahuje k sobě šroub a matici (a s nimi i spojované předměty).

Závit je nakloněnou rovinou s velmi malým sklonem.

Nakloněná rovina s malým sklonem  $\Rightarrow$  malá složka  $F_{gr}$  a velká složka  $F_s$ .

Roli složky  $F_{gr}$  hraje síla, kterou se snažíme závit zašroubovat (je malá). Roli síly  $F_s$  hraje síla, kterou působí na šroub utahovaný předmět (velká síla) a roli složky  $F_{gk}$  hraje síla, kterou působí na matici utahovaný předmět.

b) Proč utažená matka nepovolí.

U utažené matky působí obrovské kolmé síly, kterými se tlačí matice do závitu šroubu, tak vzniká mezi maticí a šroubem velká třecí síla, která brání povolení matice.

**Př. 11:** Nakloněná rovina má délku 4 m a výšku 0,5 m. Jakou silou bude do této nakloněné roviny nutné táhnout míchačku o hmotnosti 65 kg?

**Žáci přinesou příště:** zopakují si převádění jednotek objemu.

**Shrnutí:** Sílu potřebnou ke zvedání můžeme zmenšit pomocí nakloněné roviny.