

1.2.2 Síly II

Předpoklady: 1201

Opakování z minulé hodiny:

Pohyb a jeho změny způsobují síly. Pro každou pravou sílu můžeme najít:

- původce (těleso, které ji způsobuje),
- cíl (těleso, na které síla působí),
- partnerskou sílu (sílu, která má obrácenou dvojici původce-cíl, stejnou velikost a opačný směr).

Pedagogická poznámka: Tato hodina je z pohledu probírání nové látky zcela zbytečná.

Pokud však chcete dosáhnout toho, aby studenti v dynamice samostatně řešili příklady, musíte nechat studenty, aby následující příklady prošli. Silový rozbor totiž stojí na počátku každého podobného příkladu a ze základních škol ho studenti neovládají.

Studenti samozřejmě nemohou stihnout všechny příklady v jedné hodině.

Nejdůležitějších je prvních pět (se společnou kontrolou po třetím příkladu), které se v jedné hodině při samostatné práci studentů stihnout dají. Pokud máte čas, doporučuji věnovat dalším příkladům ještě jednu hodinu.

Pedagogická poznámka: Během chození po třídě se snažím kromě diskusí nad chybami i o to, aby obrázky byly z hlediska sil co nejpřesnější. Zejména jde o velikosti sil a jejich působiště.

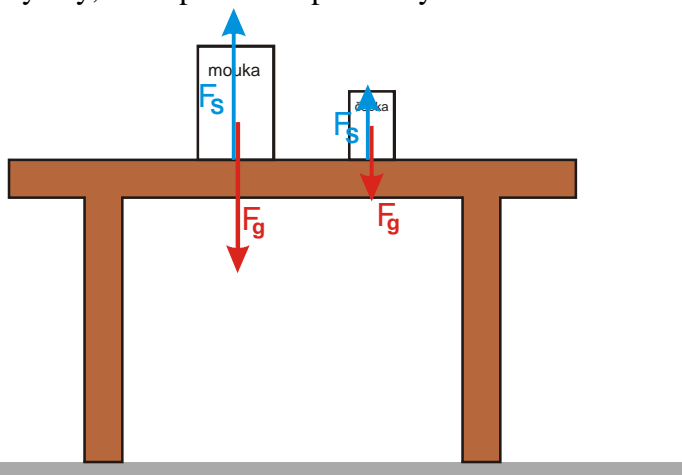
Po zbytek hodiny budeme do různých obrázků dokreslovat síly.

Př. 1: Na stole jsou položeny vedle sebe dvě balení potravin. Půl kila čočky a kilo mouky.

a) Do prvního obrázku nakresli všechny síly, které působí na potraviny.

b) Do druhého obrázku nakresli všechny síly, které působí na stůl.

a) Všechny síly, které působí na potraviny.

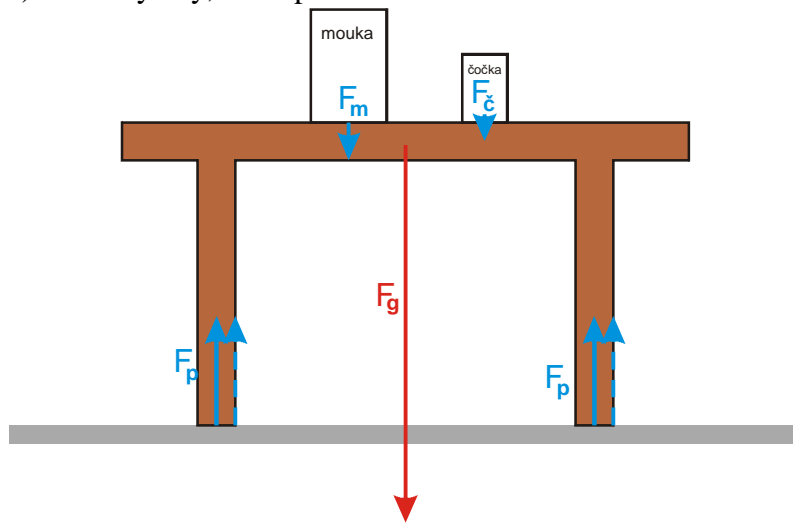


Na mouku i čočku působí dvě síly:

- F_g - gravitační síla Země,
- F_s - síla stolu.

U každé potraviny jsou tyto dvě síly stejně velké, síly působící na mouku jsou dvakrát větší než síly působící na čochku.

b) Všechny síly, které působí na stůl.



Na stůl působí sedm sil:

- F_g - gravitační síla Země
- F_p - čtyři přibližně stejné síly od podlahy na každou nohu stolu
- F_m - síla od mouky
- F_c - síla od čočky

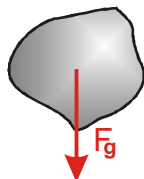
Gravitační síla je podstatně větší než síly od mouky i čočky, protože hmotnost stolu je větší než hmotnost potravin.

Dodatek: Součet všech sil v bodu b) předchozího příkladu je samozřejmě nulový (měl by tak alespoň přibližně vypadat). Přesná velikost jednotlivých sil od podlahy, závisí na umístění potravin na stole (s tím bych studentům v tomto okamžiku hlavy nepletl).

Př. 2: Kámen byl volně upuštěn a padá k zemi. Nakresli síly, které na kámen působí:

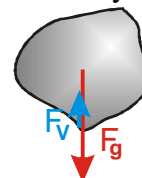
- V okamžiku upuštění (ruka, která kámen držela už na něj nepůsobí, kámen ještě nezískal rychlost).
- Po uplynutí krátké doby od začátku pádu.
- Poté, co kámen padal delší dobu.
- V okamžiku, kdy dopadl na Zem a začal se zastavovat.

a) V okamžiku upuštění (ruka, která kámen držela už na něj nepůsobí, kámen se ještě nezískal rychlost).

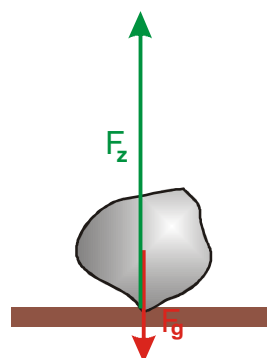
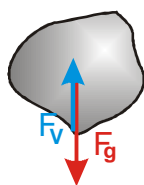


c) Poté, co kámen padal delší dobu.

b) Po uplynutí krátké doby od začátku pádu.



d) V okamžiku, kdy dopadl na Zem a začal se zastavovat.

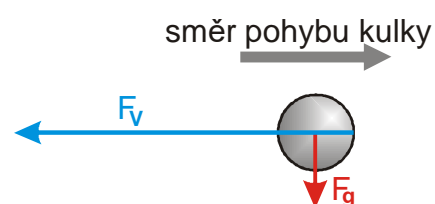


V každém okamžiku působí na kámen stále stejná gravitační síla Země F_g . Se vzrůstající rychlostí pádu začne kámen působit čím dál větší odpor vzduchu F_v . Ve chvíli, kdy se kámen dotkne země, se objeví síla země, která musí být podstatně větší než gravitační síla, aby dokázala kámen zastavit.

Pedagogická poznámka: Větší velikost brzdící síly země si mohou studenti snadno odzkoušet, když podrží nějaký předmět a pak si ho nechají padnout do ruky z výšky alespoň půl metru. Studenti sice neznají vzorec pro velikost odporu vzduchu, ale ze zkušenosti ví, že s rychlostí pohybujícího se předmětu roste.

Dodatek: V závislosti na délce pádu se odpor vzduchu zvětšuje a může dosáhnout stejné velikosti jako gravitační síla (pokud nemá kámen pravidelný povrch a během pádu se otáčí může být v některých okamžicích i větší). Odpor vzduchu samozřejmě působí i v okamžiku, kdy se kámen dotýká země pouze částí svého povrchu a ještě se pohybuje. Během letu se opravdu nepatrně mění i gravitační síla s tím, jak se kámen přibližuje k Zemi.

Př. 3: Vzduchem vodorovně letí kulka vystřelená z pušky. Nakresli její obrázek a síly, které na ni působí.



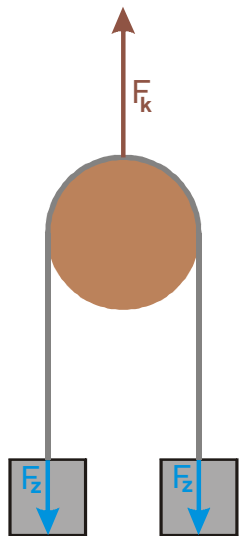
Na kulku působí pouze dvě síly:

- F_g - gravitační síla Země,
- F_v - odpor vzduchu.

Vzhledem k poměrně malé hmotnosti kulky a její obrovské rychlosti je odpor vzduchu podstatně větší.

Pedagogická poznámka: V předchozím příkladu se opět objeví síly výstřelu a jiné odvozeniny setrvačnosti. Následuje diskuse o tom, co bylo cílem minulé hodiny a jak si studenti jsou schopni pamatovat nejdůležitější poznatky.

Př. 4: Přes kladku je natažen provaz, na jehož koncích jsou přivázána dvě stejně těžká závaží. Nakresli všechny síly, které působí na provaz. Hmotnost lana zanedbej.



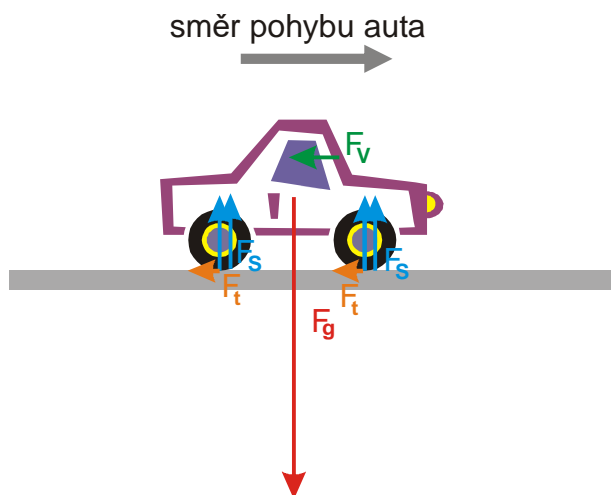
Na lano působí tři síly:

- F_k - síla kladky, která brání pádu lana,
- F_z - dvě síly od závaží, které táhnou lano dolů.

Součet všech tří sil se rovná nule.

Pedagogická poznámka: Z mě neznámého důvodu značné množství studentů zapomíná na sílu kladky. Protože myšlenka nulové výslednice u stojících předmětů je studentům vlastní, používám ji k tomu, aby si uvědomili, že v takovém obrázku ještě něco chybí.

Př. 5: Auto s vypnutým motorem jede po vodorovné silnici. Nakresli síly, které na auto působí.



Na auto působí:

- F_g - gravitační síla Země,
- F_s - čtyři přibližně stejné síly od silnice na každé kolo automobilu,
- F_v - odpor vzduchu,

- F_t - třecí síly mezi vozovkou a koly.

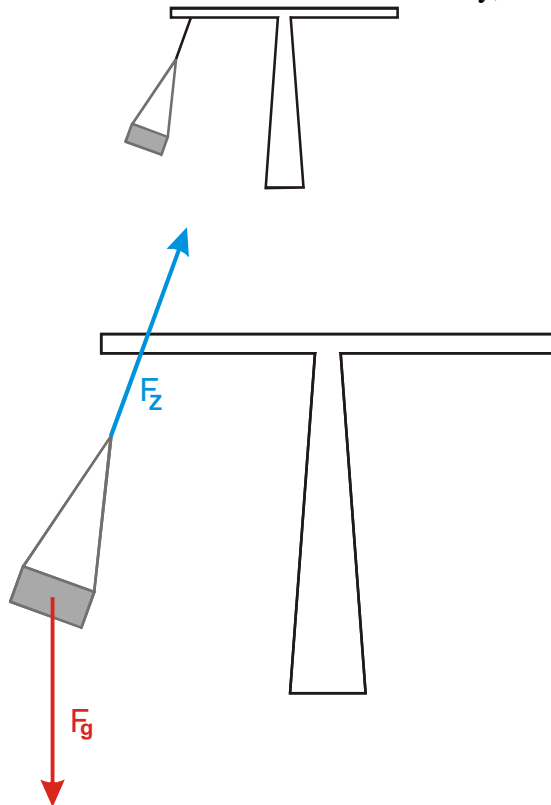
Součet všech čtyř sil F_s a síly F_g by měl být nulový.

Pedagogická poznámka: Stejně jako v příkladu 3 se v řešení objevují síly setrvačnosti.

Příklad 4 je mezi příklady 3 a 5 strčen schválně, aby studenti trochu zapomněli, co jsme v příkladu 3 dělali a příklad s autem neřešili automaticky správně.

Často se také objevuje přehnaná velikost odporu vzduchu (často i větší než gravitační síla). Ptám se studentů kolikrát se jim už stalo, že je v autě odpor vzduchu odfouknul ze silnice.

Př. 6: Kolotoč se točí. Nakresli síly, které působí na sedačku. Odpor vzduchu zanedbej.

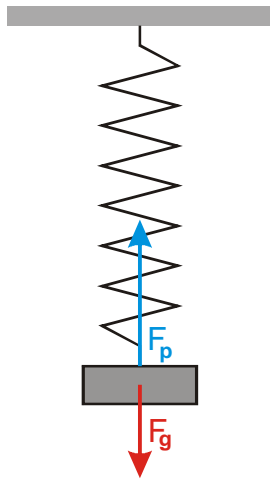


Pokud zanedbáme odpor vzduchu, působí na sedačku dvě síly:

- F_g - gravitační síla Země,
- F_z - síla závěsu, kterým je sedačka připevněna ke kolotoči.

Pedagogická poznámka: Studenti samozřejmě kreslí odstředivou sílu. Jenom si řekneme, že by nesplňovala tři požadavky na sílu a více se příkladem nezabýváme. Jeho čas ještě přijde.

Př. 7: Závaží zavěšené na pružině kmitá. Na obrázku je zachycena jeho nejnižší poloha. Nakresli všechny síly, které na závaží působí.

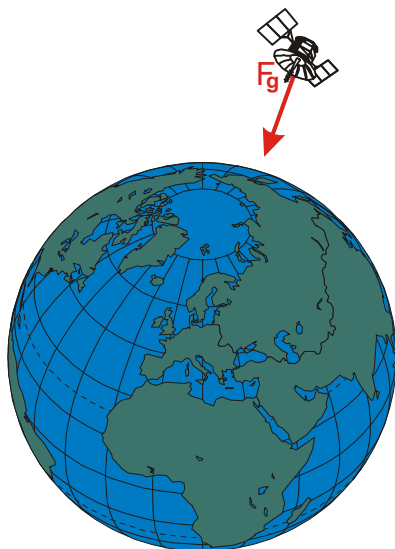


Na závaží působí dvě síly:

- F_g - gravitační síla Země,
- F_p - síla pružiny, na které je závaží připevněno.

Síla pružiny je větší než gravitační síla Země, protože závaží zvedne vzhůru.

Př. 8: Kolem Země obíhá telekomunikační družice. Nakresli všechny síly, které na družici působí.



Na družici působí jediná síla:

- F_g - gravitační síla Země.

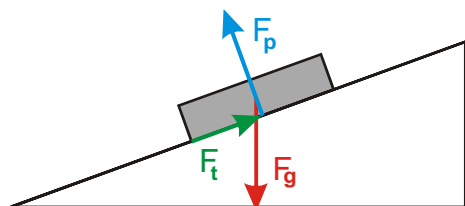
Pedagogická poznámka: Opět se objeví obrázky s odstředivou, případně setrvačnou silou.

V tomto okamžiku si jenom ukážeme, že tyto síly nesplňují tři požadavky na pravou sílu s tím, že další diskuse nás teprve čeká.

Pokud mají studenti pocit, že družice má zapnutý motor, upozorněte je, že některé družice obíhají zemi už více než padesát let (samozřejmě už často dávno nefungují). S družice kolem Země obíhají i různé trosky a zbytky rozbitých satelitů.

U všech dalších příkladů, které obsahují více bodů, kresli pro každý bod nový obrázek.

Př. 9: Na nakloněné rovině je položena kniha. Kniha stojí. Nakresli síly, které na knihu působí.

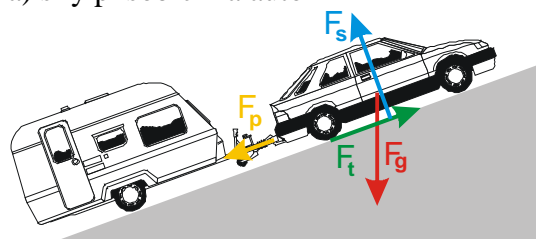


Na knížku působí tři síly:

- F_g - gravitační síla Země,
- F_p - síla od podložky (kniha se nepropadne dolů),
- F_t - třecí síla (kniha nesjede po nakloněné rovině).

Př. 10: Auto s přívěsem stojí do kopce. Nakresli síly, které působí na:
a) auto, b) přívěs.

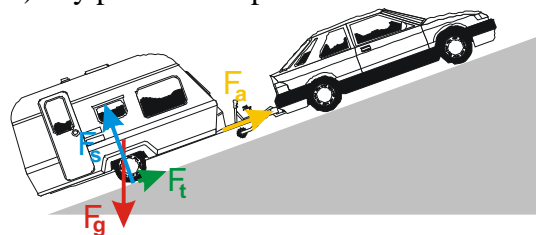
a) síly působící na auto



Pokud počítáme stejné síly stejného druhu působící na kola dohromady, působí na auto čtyři síly:

- F_g - gravitační síla Země,
- F_s - síla od silnice (auto se nepropadne dolů),
- F_t - třecí síla (auto nesjede po nakloněné rovině),
- F_p - síla od přívěsu (chce auto stáhnout dolů po nakloněné rovině).

b) síly působící na přívěs



Pokud počítáme síly stejného druhu působící na kola dohromady, působí na auto čtyři síly:

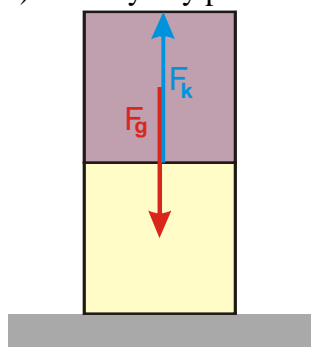
- F_g - gravitační síla Země,
- F_s - síla od silnice (přívěs se nepropadne dolů),
- F_t - třecí síla (je malá, přívěs drží na svahu i auto),
- F_a - síla od auta (drží přívěs na svahu, aby nesjel).

Pedagogická poznámka: Studenti mají problém s existencí a velikostmi třecích sil. Automaticky předpokládají, že u kol je třecí síla prakticky nulová. Musí uvědomit,

že třecí síla působící na auto musí celou soupravu udržet na nakloněné rovině (kola musí být zabržděná a nekutálí se silnicí). Naopak třecí síla na přívěs může být malá, protože přívěs drží na nakloněné rovině síla od auta.

Př. 11: Na zemi jsou na sobě položeny dvě stejné stavebnicové kostky. Nakresli do obrázku:
 a) všechny síly působící na vrchní kostku,
 b) všechny síly působící na spodní kostku.

a) všechny síly působící na vrchní kostku

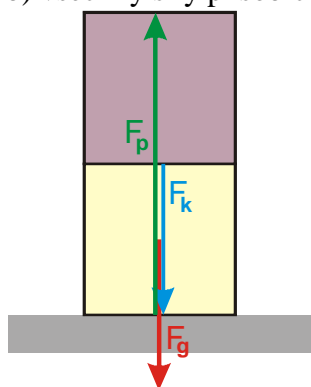


Na vrchní kostku působí dvě síly:

- F_g - gravitační síla Země,
- F_k - síla od spodní kostky (vrchní kostka se nepropadne).

Obě síly se navzájem odečtou, aby výsledná síla byla nulová (kostka stojí).

b) všechny síly působící na spodní kostku

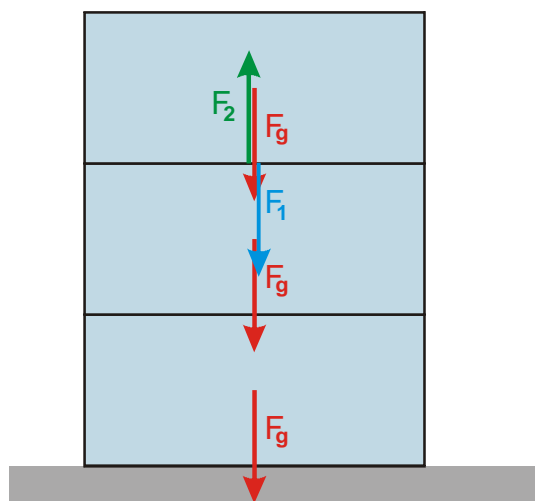


Na spodní kostku působí tři síly:

- F_g - gravitační síla Země,
- F_k - síla od vrchní kostky,
- F_p - síla od podložky (kostka se nepropadne).

Všechny tři síly se navzájem odečtou, aby výsledná síla byla nulová (kostka stojí).

Př. 12: Na stole jsou na sobě položeny tři litrové krabice s mlékem (o přibližné hmotnosti 1 kg). Nakresli do obrázku všechny síly o velikosti 10 N.



Síly o velikosti 10 N:

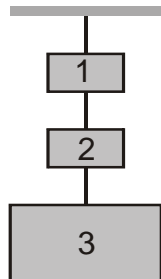
- F_g - na každou krabici působí gravitační síla 10 N,
- F_1 - síla, kterou tlačí nejhořejší krabice na krabici pod sebou,
- F_2 - síla, kterou tlačí prostřední krabice na nejhořejší, aby nejhořejší nespadla dolů.

Př. 13: Na provaze jsou zavěšena dvě menší závaží hmotnosti 2 kg a jedno větší závaží o hmotnosti 5 kg (viz. obrázek). Nakresli do obrázku:

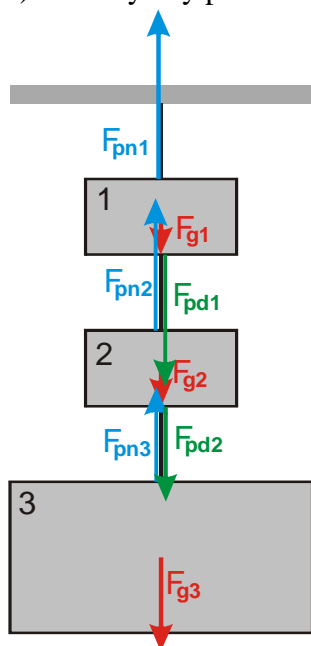
a) všechny síly působící na jednotlivá závaží,

b) síly působící na jednotlivé kusy provazu.

Urči velikosti všech těchto sil. Hmotnost provazu zanedbej.



a) všechny síly působící na jednotlivá závaží



Na každé závaží působí odpovídající gravitační síla:

$$F_{g1} = F_{g2} = 20 \text{ N}, \quad F_{g3} = 50 \text{ N}.$$

Síly, kterými působí na závaží provázek udržují celou soustavu v klidu. Postupujeme odspodu:

Závaží 3:

- $F_{pn3} = 50 \text{ N}$ - Síla provázku na třetí závaží směrem nahoru vyrovnává sílu F_{g3} .

Závaží 2:

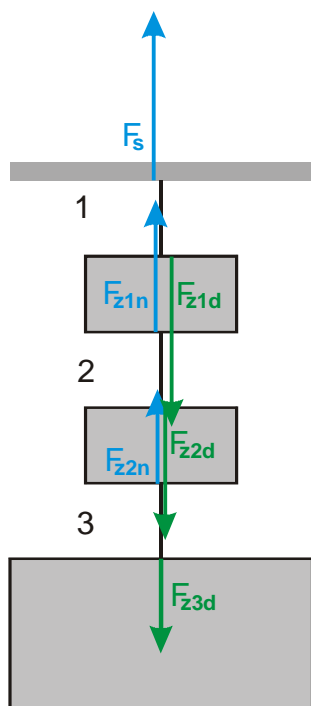
- $F_{pd2} = 50 \text{ N}$ - Síla provázku na druhé závaží směrem dolů drží provázek a závaží 3.
- $F_{pn2} = 70 \text{ N}$ - Síla provázku na druhé závaží směrem nahoru vyrovnává síly F_{g2} a F_{pd2} .

Závaží 1:

- $F_{pd1} = 70 \text{ N}$ - Síla provázku na první závaží směrem dolů drží provázek a závaží 2 a 3.
- $F_{pn1} = 90 \text{ N}$ - Síla provázku na první závaží směrem nahoru vyrovnává síly F_{g1} a F_{pd1} .

b) síly působící na jednotlivé kusy provazu

označíme si jednotlivé kusy provazu



Síly, které působí na jednotlivé části provázku udržují celou soustavu v klidu. Postupujeme odspodu:

Provaz 3:

- $F_{z3d} = 50 \text{ N}$ - Síla třetího závaží směrem dolů.
- $F_{z2n} = 50 \text{ N}$ - Síla, kterou druhé závaží drží provaz.

Provaz 2:

- $F_{z2d} = 70 \text{ N}$ - Síla druhého závaží směrem dolů.
- $F_{z1n} = 70 \text{ N}$ - Síla, kterou první závaží drží provaz.

Provaz 1:

- $F_{z1d} = 90 \text{ N}$ - Síla prvního závaží směrem dolů.
- $F_s = 90 \text{ N}$ - Síla, kterou strop drží provaz.

Shrnutí: Každá síla musí splňovat podmínky z minulé hodiny. Součet sil působících na stojící předmět je nulový.