

## 2.5.5 Těžiště

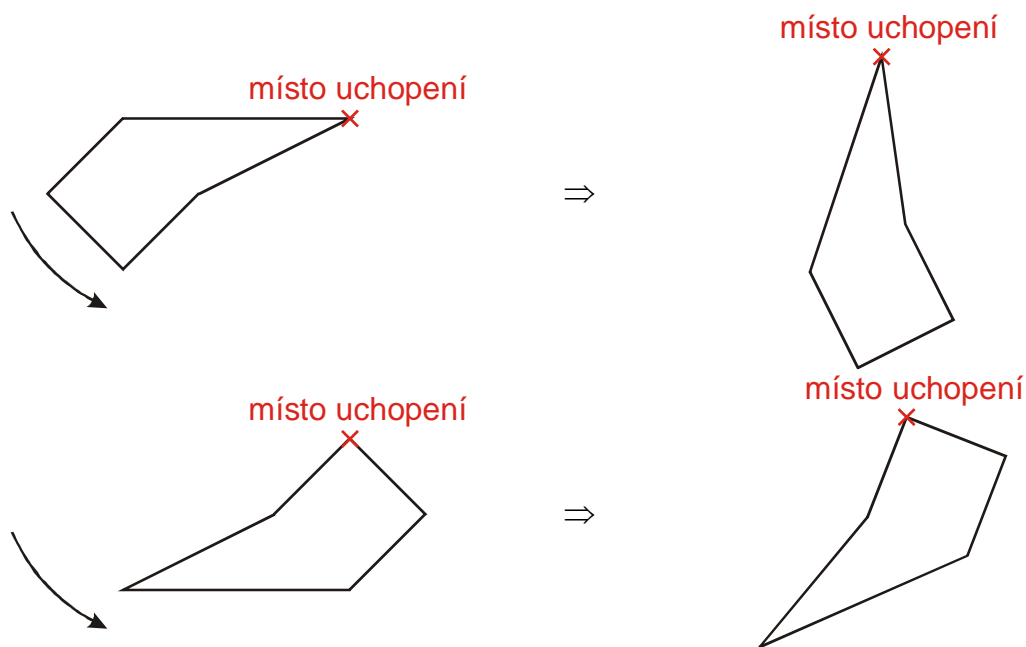
**Předpoklady:** 020504

**Pomůcky:** kartónové obrazce na hledání těžiště, vidličko-korko-jehlo-div,

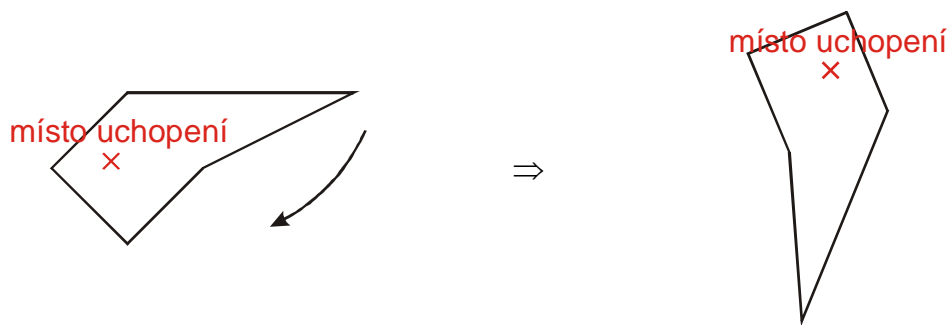
**Př. 1:** Do korkové zátky je zapíchnuta jehla a dvě vidličky. Vysvětli, proč stojí na druhé jehle zapíchnuté v druhém korku a nespadne.

**Př. 2:** Vezmi do ruky papírový útvar. Uchop ho na kraji pevně mezi prsty tak, aby zbytek útvaru trčel vodorovně od místa uchopení. Pomalu prsty uvolňuj tak, aby se útvar mohl mezi prsty otáčet, ale zároveň z nich zcela nevypadl. Co se děje? Opakuj pokus s tím, že na začátku uchopíš útvar mezi prsty v jiném místě. Změní se něco, když nebudeš držet útvar na okraji. Vysvětli pohyb útvaru.

Bez ohledu na to, ve kterém místě útvar uchopíme se útvar zhoupne tak, aby byl útvar pod místem, ve kterém ho držíme.

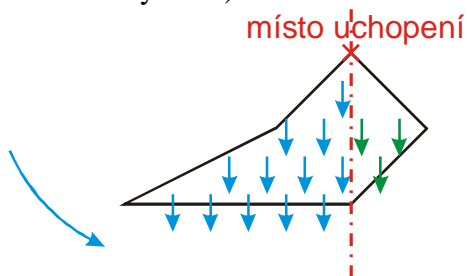


Pokud útvar nedržíme uprostřed, zhoupne se i v případě, že ho nedržíme na okraji.

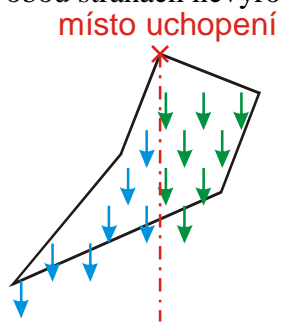


Papírek se zhoupne, protože chce být co nejniž (věci padají dolů kvůli gravitaci).

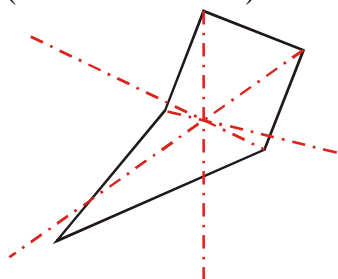
Na chování papírku se můžeme podívat i pomocí rovnováhy na páce. V místě, kde papírek držíme je osa otáčení. Na každý kousek papírku pak působí malá gravitační síla (v naprosté většině případů si působení gravitace představujeme jako jedinou sílu na celý papírek. Ve skutečnosti působí Země na každý kousek papíru zvlášť a celková gravitační síla je součtem těchto malých sil).



Z obrázku je vidět, že sil, které se snaží pootočit papírek proti směru hodinových ručiček je daleko více (a s daleko větším momentem) než sil, které se snaží otočit papírek opačným směrem  $\Rightarrow$  papírek se otáčí proti směru hodinových ručiček dokud se celkové momenty na obou stranách nevyrovnají.



Nakreslíme si na papírek několik svislých čar, které jej po zhrounutí rozdělují dvě stejně silné (z hlediska otáčení) části.



Všechny procházejí (to u více než dvou přímek není samozřejmé) jedním bodem, který se nazývá **těžiště**.

**Př. 3:** Ve kterém místě musíme papírek uchopit, aby se nezhouplul?

Papírek musíme uchopit v těžišti.

**Př. 4:** Sestav postup na hledání těžiště předmětů uchopováním mezi prsty.

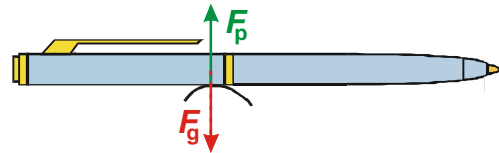
- Uchopíme předmět mezi dva prsty a necháme ho protočit do rovnovážné polohy. Nakreslíme na předmět svislou přímku od místa, kde ho držíme.
- Zopakujeme předchozího krok s tím, že předmět držíme v jiném místě.
- Bod, ve kterém se obě svislé přímky protnou, je těžištěm.

**Př. 5:** Vyměň si papírek se sousedem a najdi jeho těžiště bez toho, abys ho uchopoval mezi dva prsty, nechával ho zhoupnout a kreslil na něj svislice.

Zkoušíme pokládat papírek na prst, pokud se nepřevrátí, je podepřený pod těžištěm.

**Př. 6:** Vezmi do ruky propisku a postav si ji na jeden prst. Nakresli její obrázek a do něj síly, které na ní působí.

Propisku musíme postavit tak, aby její těžiště bylo nad místem, kde se dotýká prstu.

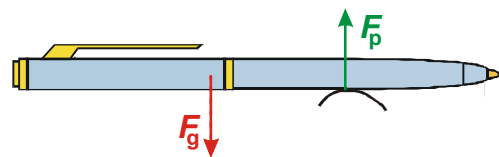


Síly, které na propisku působí mají:

- nulovou výslednici (proto propiska stojí),
- nulový výsledný moment otáčení (proto se propiska neotáčí).

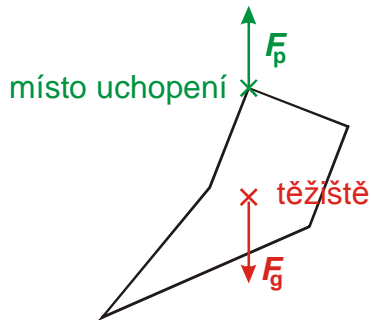
**Dodatek:** Ve skutečnosti nemají síly v předchozím případě (ani v jiných situacích s nulovou výslednicí a nulovým výsledným momentem) nulový moment jen vzhledem k ose procházející bodem, kde se propiska dotýká ruky, ale vůči libovolnému jiné ose otáčení.

**Př. 7:** Nakresli podobný obrázek jako v předchozím příkladu pro případ, že bys propisku podložil mimo těžiště.

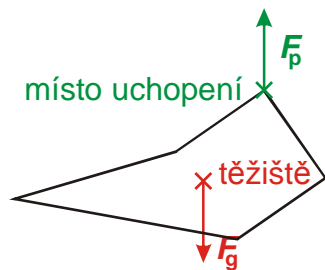


Moment gravitační síly vzhledem k ose v bodě, kde se dotýká propiska prstu, není nulový  $\Rightarrow$  tužka se začne otáčet a spadne z prstu.

**Př. 8:** Nakresli obrázek svého ústřížku v okamžiku, kdy jsi ho držel mezi prsty on se už ustálil. Do obrázku dokresli síly, které na něj působí (gravitaci nakresli jako jednu sílu). Proč gravitační síla nezpůsobí v této poloze otočení ústřížku? Nakresli stejný obrázek pro situaci, kdy je papírek v poloze, ze které se zhoupne.



Součet obou sil je nulový, stejně jako výsledný moment (obě síly ho mají vzhledem k ose procházející místem uchopení nulový).

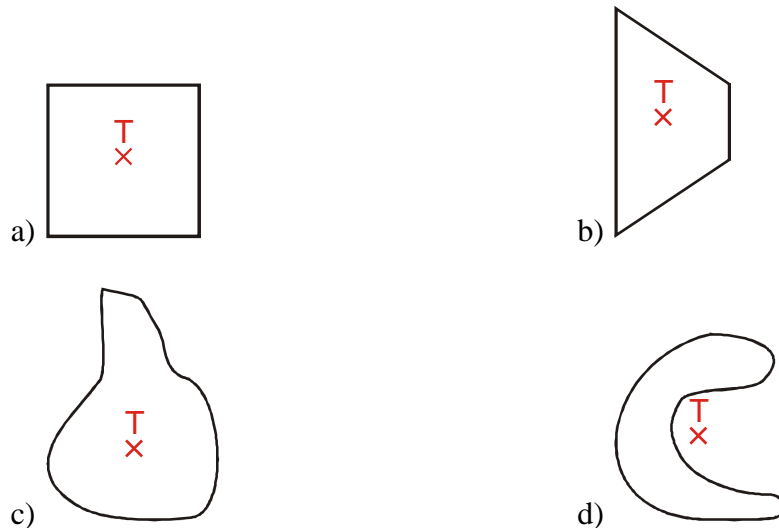
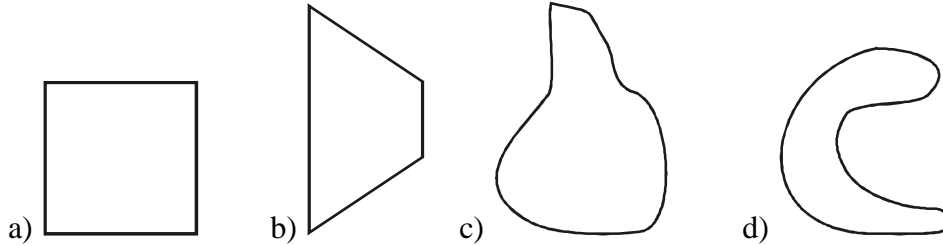


Gravitační síla má vzhledem k ose procházející místem uchopení nenulový moment  $\Rightarrow$  otočí papírkem tak, aby se ústřížek dostal přímo pod těžiště.

**Těžištěm nazýváme myšlený bod, ve kterém zdánlivě působí gravitační síla, působící na předmět.  $\Rightarrow$**

- Když předmět uchopíme mezi dva prsty v těžišti, tak se nezhoupne (gravitační síla má nulové rameno a nemá otáčivý účinek).
- Když předmět podepřeme pod těžištěm, tak zůstane v klidu (gravitační síla má nulové rameno a nemá otáčivý účinek).
- Když předmět uchopíme mezi dva prsty mimo těžiště, tak se zhoupne tak, aby těžiště bylo pod místem, kde předmět držíme (gravitační síla má nulové rameno a nemá otáčivý účinek).

**Př. 9:** Odhadni polohu těžiště papírových výstřížků.



Těžiště může ležet i mimo předmět.

**Př. 10:** Kde leží těžiště u člověka? Navrhni pokusy, které by umožnily Tvůj odhad ověřit.

Těžiště stojícího člověka se nachází přibližně v úrovni pasu uprostřed těla.

Ověření:

- Zkusíme člověka ležícího na zádech zvednout v místě, ke předpokládáme těžiště. Pokud se trefíme, člověk se nevychyluje.
- Člověka ležícího na zádech na lavici. Postupně stahujeme dolů, ve chvíli, kdy se s ním lavice začne překlápět, se jeho těžiště nachází na hraně stolu (dokud je těžiště nad deskou stolu, jsou zatěžovány oba páry nohou. Jakmile se těžiště člověka ocitne na jednom okraji, druhou dvojici nohou nic nezatěžuje a tak se začne zvedat.

**Př. 11:** Jak daleko můžeme vysunout krabičku od sirek ze stolu, aniž by spadla na zem?

Krabičku můžeme ze stolu vysunovat dokud bude podepřené její těžiště (leží uprostřed krabičky)  $\Rightarrow$  krabičku můžeme vysunout téměř z poloviny.

**Př. 12:** Vysvětli, proč krabička nepřepadla, i když jsme ji vysunuli do více než poloviny podstavy. Čím si svůj odhad můžeš ověřit, aniž by ses do ní podíval?

V krabičce je zřejmě umístěn na straně, která zůstala nad stolem, těžký předmět. Těžiště krabičky se tak posunulo z prostředku krabičky k tomu okraji.

Ověřit to můžeme tím, že krabičku dáme na stůl a začneme ji posouvat ven obráceně než v původním pokusu. Teď by měla spadnout ještě dříve než ji vysuneme z poloviny.

**Př. 13:** V roce 1968 vyhrál olympijské hry ve skoku vysokém Dick Fosbury s novým stylem nazývaným flop. Prohlédni si zpomalené záběry skoku [flopem](#) (3:00), porovnej je s předcházejícím stylem [straddle](#) (0:19) a vysvětli, proč flop umožňuje skokanům skákat výše.

Při skoku flopem má skokan nohy pod laťkou do okamžiku, kdy se mu podaří pod laťku strčit ruce  $\Rightarrow$  jeho těžiště se nemusí přesunout přes laťku (těžiště člověka, který dělá most je také pod jeho břichem).

Při skoku straddle se v jednom okamžiku celé tělo skokana nachází nad laťkou  $\Rightarrow$  během skoku musí skokan dostat těžiště nad laťku.

Odraz rozhoduje o tom, jak vysoko se nám podaří dostat naše těžiště. Výhodnější je styl skoku, který nás nenutí zvedat těžiště tak vysoko. Při stejně intenzivním odrazu, je při flopu možné skočit větší výšku.

Vysvětlení <https://www.youtube.com/watch?v=RaGUW1d0w8g> (2:38).

**Shrnutí:** Těžiště je myšlený bod, ve kterém se zdánlivě soustřeďuje hmotnost předmětu.