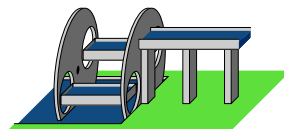


Úloha II.3 ... výťah pro lodě

4 body; průměr 2,42; řešilo 50 studentů

V jednom skotském městečku si postavili výťah pro lodě. Jde o dvě velké vany plné vody na koncích dlouhého ramena, které je uprostřed zavěšeno. Do vany najede loď a pomocí motoru se začne s ramenem otáčet. Jaký výkon musí mít motor, aby takto loď zvedl?



Petr čel Technet.

Obr. 1: Lodní výťah

Hneď na začiatku si premyslíme, na čo sa použije výkon v motore.

Trenie v ložiskách nebudeme nejako extra uvažovať, a teda práca, ktorú bude motor konať, bude čisto proti gravitačnej sile. Ak je ťažisko celého výťahu, zatiaľ bez lode, v nejakej vzdialenosti od osi otáčania, tak sa bude jeho výška meniť a bude treba konať prácu. Je teda celkom prirodzené postaviť výťah tak, aby aspoň v nezaťaženom stave bolo ťažisko presne na osi otáčania.

Teraz do komory vpláva plavidlo. Vráta sú pri tom samozrejme otvorené, a teda ostáva hĺbka vody v komore nemenná, len časť tejto vody vytlačí loď von. Vráta sa zavru a motor ide zdvíhať rameno. Aby sme zistili, aký moment prekonáva, musíme vypočítať posun ťažiska celého výťahu od osi otáčania.

Nejakú masu vody nahradila loď. Potrebovali by sme zistiť hmotnosť tejto vody a polohu jej ťažiska. Stačí si spomenúť na Archimedov zákon v tom hovorenom tvare:

Vztlaková sila pôsobiaca na teleso ponorené v kvapaline je veľkosťou rovná tiaži vody s objemom rovným objemu ponorenej časti telesa.

My samozrejme vztlakovú silu pôsobiacu na teleso, teda loď, poznáme. Musí byť rovná gravitačnej sile, inak by nastalo zrýchlenie vo vertikálnom smere (a loď v záujme pasažierov ani nelieťa, ani sa nepotápa). Zisťujeme, že tiaž vytlačenej vody je rovná tiaži lode, a teda sa rovnajú ich hmotnosti.

Pozrime sa teraz na ťažisko nádrže s vodou a loďou. Lahko si premyslíme, že výslednica vztlakovej sily pôsobí do ťažiska tej časti vody, ktorú loď vytlačila (táto vztlaková sila totiž závisí rovnako ako gravitačná len na hmotnosti daného kúsku, no a výslednica gravitačnej sily pôsobí do ťažiska). Taktiež vidíme, že táto výslednica vztlakovej sily pôsobí na rovnakej priamke ako tiaž. Inak by tieto dve sily mali nejaký moment a to by spôsobilo, na veľké nepohodlie pasažierov, otáčanie lode okolo horizontálnej osi.

Celú situáciu si teraz môžeme predstaviť ako súčet (superpozíciu) troch objektov. Komory plnej vody a bez lode, potom lode a nakoniec toho kusu vody, ktorý loď vytlačila, so zápornou hmotnosťou (čo je pekný a často používaný trik). Rozdiel od situácie, keď v komore chýba loď, je súčet lode a záporne vážiaceho kusu vody. Hmotnosť majú dohromady nulovú, všetko teda spolu váži rovnako, ako by tam loď nebola. Ťažisko sa však posunie, a to konkrétne trochu klesne (skúste si rozmyslieť prečo, súvisí to so stabilitou lode), ale len vo vertikálnom smere.

Ako sa posunie ťažisko celého výťahu? Ak sa pozrieme na jeho horizontálnu súradnicu, nič sa nezmení. Chýbajúci kus vody mal totiž pri pohľade zhora ťažisko na rovnakom mieste ako loď. Vo vertikálnom smere sa celkovo ťažisko teda trochu posunie, ale nič to. Gravitačná sila totiž bude pôsobiť na vertikále, ktorá prechádza osou otáčania, a jej moment bude nulový.

Môžeme teda bezpečne tvrdiť, že pri dobrom počítateľnom vyvážení výťahu motor nebude musieť prekonávať žiaden moment gravitačnej sily. Jediný výkon sa teda spotrebuje na uvedenie

systemu do chodu a boju proti treniu v ložiskách. Koho by zaujímalo viac, celý systém existuje a volá sa *Falkirk Wheel*.

Ján Pulmann
janci@fykos.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported. Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.