

Meno a priezvisko:

Škola:

Škola pre mimoriadne nadané deti a Gymnázium

Školský rok/blok:

Predmet:

Fyzika

Skupina:

Trieda:

Dátum:

Teória

3 Gravitačné pole

Gravitačná a tiažová sila, Tiaž a tiažová sila

3.2.4 Gravitačná a tiažová sila (resp. gravitačné a tiažové zrýchlenie)

Táto kapitola je pre mňa jednou z kandidátok na vypustenie z učiva. Myslím si, že zavedenie tiažovej sily a tiažového zrýchlenia (a nebodaj ešte aj tiaže) je nezmyselné a zamlžujúce.

V žiadnom prípade nejde o typy síl v zmysle gravitačnej sily alebo sily tretej či tlakovej. Ako tiažovú silu tak aj tiaž je vo všetkých prípadoch možné obísť dôslednou analýzou situácie. Zavedenie oboch síl do výuky je kontraproduktívne, väčšine študentov nikdy nebude do dôsledkov jasné, prečo namiesto gravitácie (ktorú by očakávali, a ktorá by mala jasnú príčinu a je slovom bežne používaným) majú do obrázkov kresliť inú silu (ktorá existuje pre nich bez zjavného dôvodu).

Naviac zmeny, ktoré zanedbanie rotácie Zeme a nepoužívanie tiažovej sily prinášajú, sú rádovo menšie ako iné aproximácie, ktoré bežne robíme v stredoškolskej fyzike (aj pri výpočtoch na inžinierskej úrovni). Nezanedbateľne sa fakticky prejavujú len pri výpočtoch periódy kyvadlových hodín.

Intenzitu gravitačného pola sme definovali vzťahom $\vec{K} = \frac{\vec{F}_g}{m}$. Podiel sily pôsobiacej na teleso

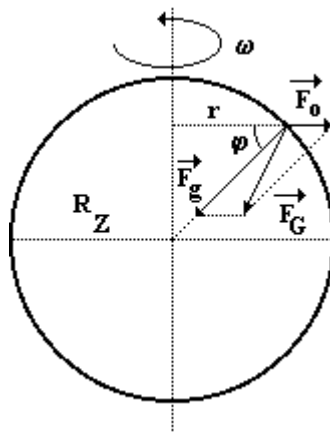
(resp. hmotný bod) a hmotnosti tohoto telesa (resp. hmotného bodu) je definovaný podľa 2. Newtonovho pohybového zákona ako zrýchlenie tohoto telesa (resp. hmotného bodu). Podiel gravitačnej sily a hmotnosti telesa teda musí byť gravitačné zrýchlenie $\vec{a}_g$ tohoto telesa.

Možeme to teda zhrnúť: Intenzita gravitačného pola v danom mieste pola sa rovná gravitačnému zrýchleniu, ktoré v tomto mieste udeľuje telesu (hmotnému bodu) gravitačná sila, teda $\vec{K} = \vec{a}_g$. Vzťahy, ktoré platia pre intenzitu gravitačného pola v určitej výške nad povrchom Zeme, teda platia i pre gravitačné zrýchlenie. Súhlasia aj jednotky gravitačného zrýchlenia a intenzity gravitačného pola.

Skutočne. Intenzita gravitačného pola je veličina fyzikálne nadbytočná – má rovnaký zmysel ako gravitačné zrýchlenie, tj. $\vec{K} = \vec{a}_g$. Preto môžeme písať: $[K] = N \cdot kg^{-1} = m \cdot s^{-2}$. Pre ostatné typy pola (elektrostatické, magnetické) sa definuje tiež intenzita daného pola, ale v týchto prípadoch polí už nemá analógiu ako tu. Preto je nutné si na intenzitu pola „zvyknúť“ v poli, ktoré je nám najbližšie ... ;-).

Problematika zrýchlenia, ktoré udeľuje príťažlivá sila Zeme telesu pri jej povrchu, je komplikovanejšia. Zatiaľ sme vzťahovali zrýchlenie telies voči zemskému povrchu, ktorý sme považovali za inerciálnu sústavu. V skutočnosti ale vieme, že Zem rotuje okolo svojej osi stálou uhlovou rýchlosťou ω , takže na všetky body pri povrchu Zeme, ktoré neležia na osi rotácie, pôsobia okrem gravitačnej sily $\vec{F}_g$, smerujúcej do stredu Zeme, ešte sila **odstredivá (zotrvačná)** $\vec{F}_o$, smerujúca kolmo od osi otáčania. Výslednicou týchto dvoch síl je sila tiažová $\vec{F}_G$, pre ktorú platí: $\vec{F}_G = \vec{F}_g + \vec{F}_o$.

Telesá (hmotné body) sa na Zemi teda nechádzajú v gravitačnom ale v tiažovom poli. Pri zakresľovaní síl, ktoré pôsobia na tieto telesá (hmotné body) teda zásadne zakresľujeme tiažovú (a nie gravitačnú) silu. Na rotujúcu Zem (okrem zemepisných pólů) totiž na telesá (hmotné body) pôsobí aj sila zotrvačná odstredivá.



Pôsobením tiažovej sily $\vec{F}_G$ sa pohybuje voľne pustené teleso voľným pádom so zrýchlením $\vec{g}$, ktoré sa nazýva **tiažové zrýchlenie**. Podľa druhého pohybového zákona platí: $\vec{F}_G = m \cdot \vec{g}$. Smer tiažovej sily (a teda aj smer tiažového zrýchlenia) označujeme ako **smer zvislý** a určujeme ho pomocou **olovnice**.

Model olovnice môžeme jednoducho vyrobiť tak, že zavesíme ťažší predmet (kľúč, závažie, mobil, ...) na šnúrkou. Šnúrkou uchopíme za voľný koniec a predmet necháme voľne visieť.

Priestor pri povrchu Zeme, v ktorom sa prejavujú účinky tiažovej sily sa nazýva **tiažové pole**. Tiažové pole je pole vytvárané gravitačným polom Zeme a pôsobením odstredivých síl vznikajúcich v dôsledku rotácie Zeme.

Tiažová sila nemá na všetkých miestach zemského povrchu rovnakú veľkosť, pretože sa mení veľkosť odstredivej sily. Pre jej veľkosť platí: $F_o = m\omega^2 r = m\omega^2 R_Z \cos \varphi$, kde r je vzdialenosť daného miesta od osy rotácie, R_Z je polomer Zeme a φ zemepisná šírka miesta na povrchu Zeme. Veľkosť odstredivej sily sa mení s zemepisnou šírkou: najväčšia je na rovníku ($\varphi = 0^\circ$), nulová je na zemepisných pólach ($\varphi = 90^\circ$). Preto je veľkosť tiažovej sily najmenšia na rovníku a najväčšia na zemepisných pólach.

Tak ako sa mení tiažová sila, mení sa aj tiažové zrýchlenie. Najmenšie je na rovníku, najväčšie na pólach (ak sledujeme jeho veľkosť v rovnakej výške – napríklad na hladine mora). Dohodou bolo stanovené normálové tiažové zrýchlenie $g_n = 9,80665 \text{ m.s}^{-2}$, ktorého veľkosť zodpovedá približne tiažovému zrýchleniu na 45° severnej zemepisnej šírky pri hladine mora. U nás sa počíta s hodnotou $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ (... prípadne $g \doteq 10 \text{ m.s}^{-2}$ - podľa požadovanej presnosti výpočtov a použitia kalkulačky).

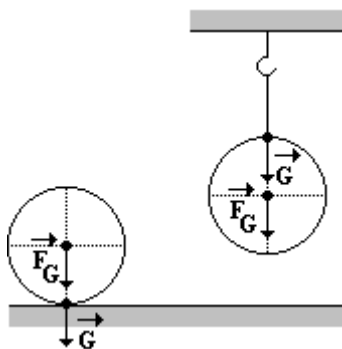
Ak sa obmedzíme na malú oblasť povrchu Zeme a nie veľké výšky nad jej povrchom, je možné tiažové zrýchlenie $\vec{g}$ považovať za konštantné – jeho veľkosť aj smer. Môžeme v takomto prípade hovoriť o **homogénnom tiažovom poli**.

3.2.5 Tiaž a tiažová sila

Od veličiny tiažová sila $\vec{F}_G$ odlišujeme veličinu tiaž telesa $\vec{G}$. Zásadný rozdiel, ktorý obe veličiny odlišuje, je v ich vzniku. Tiažová sila $\vec{F}_G$ vzniká pôsobením tiažového pola Zeme na dané teleso, zatiaľ čo **tiaž $\vec{G}$ vyjadruje pôsobenie telesa umiestneného v tiažovom poli Zeme na iné telesá.**

Tiaž telesa sa prejavuje ako tlaková sila pôsobiaca na vodorovnú podložku alebo ako ťahová sila napínajúca záves.

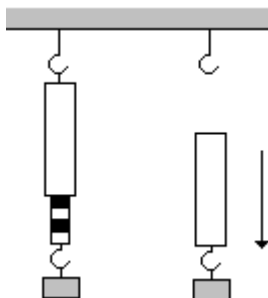
Obe veličiny sa tiež líšia svojim pôsobiskom. Pôsobenie tiažovej sily kladieme do ťažiska telesa, pôsobenie tiaže leží na dotykovej ploche telesa s podložkou alebo v bode závesu. V danom mieste nad povrchom Zeme sú ale obe veličiny rovnaké (majú rovnaký smer a veľkosť).



Tiaž a tiažová sila sa líšia hlavne pôsobiskom.

Ak sa prejavuje účinok tiaže daného telesa na iné teleso, je teleso v stave tiaže (kniha položená na stole, skokan visiaci na lane bungeejumpingu, ...).

Ak tento účinok chýba, hovoríme o **stave bez tiaže (beztiažovom stave, beztiaže)**. Tento stav je možné demonštrovať napríklad voľným pádom telesa.



Závesný silomer v ľavej časti obrázku ukáže tiaž zaveseného závažia. Silomer, ktorý necháme padať voľným pádom ukáže nulovú výchylku.

Rovnako je v stave beztiaže teleso, ktoré je vrhnuté ľubovoľným smerom v homogénnom tiažovom poli Zeme.

Skok z mostíka do vody (až do kontaktu s vodou), skok skokana bungeejumpingu (až do hĺbky, ktorá je zhodná s dĺžkou lana, ktorým je skokan priviazaný, hod oštepom, vrh guľou, výskok z podlahy, ...).

Na porovnanie tiaže je založené určovanie hmotnosti telies na rovnoramenných váhach. Ak poznáme tiaž (a teda aj hmotnosť) závažia a sú váhy v rovnováhe, poznáme tiež tiaž (a teda aj hmotnosť) závažia.