

Otázka: Gravitační pole

Předmět: Fyzika

Přidal(a): Michaela H

Newtonův gravitační zákon. Centrální a homogenní gravitačním pole. Gravitační a tíhové zrychlení, síla gravitační, tíhová, tíha tělesa. Pohyby těles v homogenním tíhovém poli Země. Pohyby v centrálním poli Země a Slunce. Keplerovy zákony.

Všechny objekty kolem sebe vytvářejí gravitační pole. Gravitační síla je přitažlivá. Gravitační interakce se vyznačuje tím, že je velmi slabá a působí mezi hmotnými objekty libovolně vzdálenými.

Newtonův gravitační zákon.

Isaac Newton v 17. století; na základě pozorování pohybu Měsíce kolem Země a pohybu planet kolem Slunce vyslovil na myšlenku, že příčinou pohybu těchto těles jsou gravitační síly.

- Gravitační síla – přitažlivá síla, kterou na sebe působí jakákoliv dvě hmotná tělesa, aniž by muselo dojít k jejich přímému dotyku
- Gravitační pole – existuje v okolí všech hmotných těles a zprostředkuje působení gravitačních sil mezi nimi
- GRAVITAČNÍ ZÁKON – Dva hmotné body se navzájem přitahují stejně velkými gravitačními silami F_g , $-F_g$ navzájem opačného směru. Velikost gravitační síly F_g je přímo úměrná součinu hmotností m_1 , m_2 hmotných bodů a nepřímo úměrná druhé mocnině jejich vzdáleností r .
- $\underline{F}_g = \kappa((m_1 m_2)/(r^2))$
 - Kde κ je Newtonova gravitační konstanta. (někdy označovaná G)

- $\kappa = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{kg}^{-2}$

Centrální a homogenní gravitačním pole

- **Centrální (radiální) g. p.**
 - Je v prostoru kolem hmotného bodu nebo homogenní koule
 - Vektory intenzity K směřují do středu a jejich velikost se zmenšuje se vzdáleností od hmotného bodu nebo středu koule
- **Homogenní g. p.**
 - Pole jehož intenzita má ve všech místech stejnou velikost i směr
 - Jde o idealizované gravitační pole

Gravitační a tíhové zrychlení, síla gravitační, tíhová, tíha tělesa

- Gravitační síla F_g
 - Přitažlivá síla, kterou na sebe působí jakákoliv dvě hmotná tělesa, aniž musí dojít k jejich přímému dotyku
- Gravitační zrychlení
 - Udělováno gravitační silou; platí pro něj $\mathbf{a}_g = \mathbf{F}_g / m$
 - Po dosazení z gravitačního zákona $\mathbf{a}_g = \mathbf{K}(\mathbf{M}/r^2)$, kde M je hmotnost kulového tělesa, které pole vytváří
- Tíhová síla F_G a tíha tělesa
 - Tíhová síla a tíha tělesa jsou tedy fyzikálně různé veličiny, které však obě svůj původ v tíhovém poli.
 - Liší se svým působištem. Tíha tělesa vyjadřuje působení tělesa umístěného v tíhovém poli Země na jiná tělesa. Projevuje se jako tlaková síla na podložku nebo jako tahová na závěs.
 - Těleso je ve stavu tíže pokud se projevuje účinek tíhy na jiná tělesa. Pokud tyto účinky vymizí těleso je v beztížném stavu.
- Tíhové zrychlení

- Tíhové zrychlení g je způsobené tíhovou silou.
- Svislý směr - tedy stejně jako směr tíhové síly

Pohyby těles v homogenním tíhovém poli Země

- Jde o pohyby těles, které probíhají v blízkosti povrchu Země a jejichž trajektorie jsou vzhledem k rozměrům země velmi malé
- Předpokládáme přitom, že na tělesa nepůsobí jiná než tíhová síla, ani odporová síla vzduchu - uvažujeme tedy pohyby těles ve vakuu

1) Volný pád

- Nejjednodušší pohyb v homogenním tíhovém poli Země
- Rovnoměrně zrychlený pohyb s nulovou počáteční rychlostí
- Pro okamžitou rychlost platí: $\mathbf{v} = \mathbf{g} \cdot t$
- A pro dráhu s a výšku y platí: $s = (1/2)g \cdot t^2$ $y = y - (1/2)g \cdot t^2$

2) Svislý vrh vzhůru

- Jde o složení dvou pohybů:
 - 1) rovnoměrného pohybu směrem vzhůru s rychlostí v_0
 - 2) volný pád
- Pohyb tělesa vzhůru je rovnoměrně zpomalený pohyb
- Jakmile se těleso zastaví v největší výšce následuje pád
- Velikost okamžité rychlosti v při stoupání v čase t je dána vztahem:
 - $v = v_0 - g \cdot t$
- Pro okamžitou výšku y tělesa platí:
 - $y = y - (1/2)g \cdot t^2$

3) Vodorovný vrh

- Tělesu udělíme počáteční rychlost v_0 ve vodorovném směru
- Složením rovnoměrného přímočarého pohybu ve vodorovném směru rychlosti v_0 a volného pádu se zrychlením g vzniká pohyb, jehož rychlostí je část paraboly s vrcholem v

místě vrhu

- Okamžitá poloha vrženého tělesa v čase je dána souřadnicemi x a y
- $\mathbf{x} = \mathbf{v}_0 \cdot t + \mathbf{h} - (1/2)gt^2$

4) Šikmý vrh vzhůru

- Udělíme-li tělesu počáteční rychlost v_0 ve směru, který svírá s vodorovným směrem úhel α , koná šikmý vrh vzhůru
- Úhel α se nazývá revalvační úhel
- I v tomto případě je to složení rovnoměrného přímočarého pohybu rychlosti v_0 a volného pádu se zrychlením g vzniká pohyb o trajektorii šikmé paraboly, ale to jen ve vakuu
- Ve vzduchu se těleso pohybuje v důsledku odporových sil po nesouměrné balistické křivce
- Pro polohu tělesa v čase t platí:
 - $\mathbf{x} = \mathbf{v}t \cos \alpha + \mathbf{h} - (1/2)gt^2$

Pohyby v centrálním poli Země a Slunce

U pohybů raket, mezikontinentálních střel, umělých družic a kosmických lodí již nelze považovat gravitační pole za homogenní. Gravitační síla F_g , která na tato tělesa podél jejich dlouhých trajektorií působí, směřuje stále do středu Země.

- Jestliže tělesu udělíme dostatečně velkou rychlost, může se pohybovat kolem Země po kružnici. Tuto rychlost nazýváme kruhová rychlost v_k - její rychlost musí být taková, aby se odstředivá síla družice vyrovnala s gravitační silou
- $v_k = \sqrt{(kM_z)/(R_z + h)}$
- Uvažujeme pohyb tělesa v blízkosti povrchu Země, kde h je mnohem menší než R_z , je velikost kruhové rychlosti
- $v_k = \sqrt{(kM_z)/(R_z)} = 7,9 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$
- Tato hodnota se nazývá první kosmická rychlost. Oběžná doba družice při $1 \text{ kr } T = 84,4 \text{ min}$
- Jestliže má těleso opustit gravitační pole Země, musí mu být udělena parabolická rychlost nebo také úniková rychlost. V blízkosti Země je velikost parabolické rychlosti $v_p = v_k \sqrt{2} = 11,2 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ a nazývá se druhá kosmická rychlost

Keplerovy zákony

Johannes Kepler

- žil v letech 1571 – 1630; několik let působil na dvoře císaře Rudolfa II v Praze, kde zformuloval dva ze tří jeho zákonů
- Keplerovy zákony jsou tři fyzikální zákony popisující pohyb planet kolem Slunce.

První Keplerův zákon – popisuje tvar trajektorie

Planety se pohybují kolem Slunce po elipsách málo odlišných od kružnic, v jejichž společném ohnisku je Slunce.

- Zákon platí i pro komety na jejichž drahách je daleko zřejmější
- Vzdálenost bodu, kde je planeta nejdále od Slunce, a Slunce se nazývá perihélium neboli přísluní
- Vrchol P elipsy, v němž je planeta ke Slunci nejbližší, se nazývá perihélium (přísluní), vrchol A, v němž je planeta od Slunce nejdále, se nazývá afélium (odsluní). Při pohybu těles kolem Země (např. Měsíc) se bod P nazývá perigeum (přízemí), bod A apogeum (odzemí).

Druhý Keplerův zákon – vysvětluje, jak se planety pohybují

Obsahy ploch opsaných průvodičem planety za jednotku času jsou konstantní.

- Průvodič je úsečka spojující střed planety se středem Slunce.
- Délka průvodiče se mění, v perihéliu je nejkratší, v aféliu nejdelší, obsah, který opíše je však stejný
- Důsledkem je to, že rychlost planety v perihéliu je větší než v aféliu, pohyb planety je nerovnoměrný
- Vzhledem k tomu, že se vzdálenost planety od Slunce mění, zavádí se střední vzdálenost planety od Slunce, která je rovna délce hlavní poloosy a elipsy.

- Země prochází perihéliem v lednu, aféliem v červenci. Z toho vyplývá, že na severní polokouli je zimní půlrok kratší než letní.

Třetí Keplerův zákon - vztah mezi oběhovými dobami a hlavními poloosami jejich trajektorií

Poměr druhých mocnin oběžných dob dvou planet se rovná poměru třetích mocnin hlavních poloos jejich trajektorií.

- zákon platí pouze pokud hmotnost obou planet je zanedbatelná vůči Slunci
- pokud budeme považovat trajektorie za kružnice můžeme místo a dosadit poloměr trajektorie
- takový poloměr Země je 150 000 000 km a nazývá se astronomická jednotka-značka AU

Úlohy k dané látce

- V jaké vzdálenosti od zemského povrchu je velikost gravitačního zrychlení poloviční vzhledem k jeho velikosti na povrchu Země?
- Z okna domu ve výšce 20 m nad vodorovnou rovinou vyhodil chlapec vodorovným směrem tenisový míček rychlostí $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Určete a) za jakou dobu a v jaké vzdálenosti od domu míček dopadne, b) jak velká je rychlost dopadu míčku.
- Na základě astronomických pozorování bylo zjištěno, že měsíc Deimos obíhá kolem planety Mars po kružnici o poloměru 23 500 km rychlostí $1,35 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$. Určete hmotnost Marsu.
- Doba oběhu Marsu kolem Slunce je přibližně 1,9 roku. Určete jeho střední vzdálenost od Slunce.