Gravitační pole

***Newtonův gravitační zákon***

***Gravitační a tíhové zrychlení při povrchu Země***

***Pohyby těles***

***Gravitační pole Slunce***

Úvod

V okolí Země existuje gravitační pole.

Země působí na každé těleso ve svém okolí gravitační silou.

Gravitační silové působení je obecnou vlastností všech těles (gravitace - z řeckého slova gravis = těžký).

Svá gravitační pole mají také Měsíc, Slunce, všechny planety sluneční soustavy a všechna tělesa ve vesmíru.

Gravitační silové působení mezi tělesy je vždy vzájemné (zákon akce a reakce).

Newtonův gravitační zákon

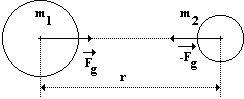
Dva hmotné body se navzájem přitahují stejně velkými gravitačními silami opačného směru.

Velikost gravitační síly Fg:



Konstanta = gravitační konstanta

Dvě nestejnorodá tělesa nahrazujeme hmotnými body (Země a kosmická loď).

Dvě stejnorodé koule

# Příklad:

Jak velkou silou se navzájem přitahují Země a Měsíc? Přibližná hodnota hmotnosti Země MZ=6.1024 kg, Měsíce MM=7,4.1022 kg a vzdálenost středů obou těles je 380 000 km.

r

Fg

m

RZ

MZ

Gravitační a tíhové zrychlení

těleso - hmotnost m

- vzdálenost od středu Země r

Země - poloměr RZ

- hmotnost MZ

Platí:



Gravitační zrychlení - nepřímo úměrné druhé mocnině vzdálenosti od středu Země

- největší hodnotu má při povrchu Země(r= RZ)

**Fg ,ag** – směřují do středu Země

# Gravitační pole:

centrální homogenní

Na těleso při povrchu Země působí síla:

1. gravitační **Fg**
2. odstředivá **FO**
3. tíhová **FG**

Platí:



Pohyby těles v blízkosti povrchu Země

homogenní tíhové pole Země (**FG** konst.)

zanedbáváme odporové síly vzduchu (vakuum)

těleso koná součastně dva pohyby (rovnoměrný přímočarý + volný pád) vrhy tělesa

# Svislý vrh vzhůru

okamžitá výška

okamžitá rychlost

# Příklad:

Do jaké výšky vystoupí těleso vržené svisle vzhůru počáteční rychlostí 20 m.s-1?

# Vodorovný vrh

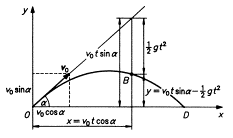
Souřadnice polohy dobu B v čase t

-trajektorií je část paraboly s vrcholem v místě vrhu

# Příklad:

Těleso je vrženo vodorovným směrem z výšky h = 80 m počáteční rychlostí v0 = 20 m.s-1. Urči souřadnice polohy tělesa za dobu t = 3 s.

# Šikmý vrh vzhůru

 souřadnice polohy bodu v čase t



složky rychlosti



α = elevační úhel

* největší délka vrhu je pro α = 45˚
* stejná délka vrhu je pro dvojice doplňkových úhlů

Trajektorie šikmého vrhu

* ve vakuu – parabola
* ve vzduchu – balistická křivka

# Příklad:

Hráč vykopl míč z povrchu hřiště pod úhlem 450 počáteční rychlostí 20 m.s-1.

Urči: a) do jaké výšky míč vystoupil

b) do jaké vzdálenosti od místa vykopnutí míč dopadl na hřiště

Pohyby těles ve větších vzdálenostech od Země

* neexistuje odstředivá síla
* na tělesa působí pouze gravitační síla (**Fg** = konst.)
* gravitační pole je radiální

Trajektorie tělesa:

1. kružnice(Měsíc, umělé družice Země)



vk = kruhová rychlost



Je-li r blízké poloměru Země RZ:

1. kosmická rychlost vk = 7,9 km.s-1

- doba jednoho oběhu družice kolem Země T = 84,4 min

1. elipsa

počáteční rychlost - je větší než vk

- její velikost ovlivňuje tvar elipsy

P = perigeum

A = apogeum

1. parabola



- parabolická (úniková) rychlost

pro vk = 7,9 km.s-1 2. kosmická rychlost vp = 11,2 km.s-1

Gravitační pole Slunce

* mnohonásobně silnější než gravitační pole Země
* v tomto poli se pohybují: planety (Merkur, Venuše, Země, Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun), měsíce planet, planetky, komety…
* vzdálenost planet od Slunce se udává v astronomických jednotkách AU

1AU = 150 milionů km (střední vzdálenost Země od Slunce)

* pohyby planet popisují 3 Keplerovy zákony

**Johannes Kepler** (1571-1630)

Německý astronom.

* zformuloval 3 zákony o pohybu planet
* působil na dvoře císaře Rudolfa II. v Praze

# První Keplerův zákon

* popisuje tvar trajektorie planety

*Planety obíhají kolem Slunce po elipsách málo odlišných od kružnic,*

*v jejíchž společném ohnisku je Slunce.*

# Druhý Keplerův zákon

* vysvětluje jak se planety pohybují

*Obsahy ploch opsané průvodičem planety za jednotku času jsou konstantní.*

# Třetí Keplerův zákon

* uvádí vztah mez oběžnými dobami dvou planet a jejich středními vzdálenostmi od Slunce

*Poměr druhých mocnin oběžných dob dvou planet se rovná poměru třetích mocnin jejich středních vzdáleností od Slunce.*



T1, T2 = oběžné doby

r1, r2 = střední vzdálenosti od Slunce

# Příklad:

Oběžná doba Jupitera je 12 roků. Urči jeho střední vzdálenost od Slunce. (porovnáváme se střední vzdáleností Země od Slunce)

*Cvičení*

# Newtonův gravitační zákon

1. Dvě kulová tělesa se navzájem přitahují ze vzdálenosti r gravitační silou Fg = 12 N. Jak velkou silou se tato tělesa přitahují ze vzdálenosti a) 2r b) r/2?
2. Jak velkou gravitační silou se navzájem přitahují dvě stejnorodé koule, každá o hmotnosti 5 tun a poloměru 50 cm? Koule se navzájem dotýkají.
3. Jak velkou silou se navzájem přitahují Země a Slunce, je-li hmotnost Slunce 2.1030 kg, hmotnost Země 6.1024 kg a jejich vzdálenost 150 milionů km?

Výsledky:

1) a) 3N b) 48N  
 2) 1,7.10-3 N

3) 3,6.1022

# Gravitační a tíhové zrychlení při povrchu Země

1. Velikost gravitačního zrychlení při povrchu Země je 9,81 m.s-2. Jak velké je gravitační zrychlení ve vzdálenosti r od středu Země, je-li a) r = 2RZ, b) r = 3RZ?
2. Jak velké je gravitační zrychlení na povrchu Měsíce, jehož hmotnost Mm≈7,4 . 1022 kg a poloměr Rm≈1,7 . 106 m?
3. Jak velká tíhová síla působí na těleso o hmotnosti 10 kg a) na rovníku, b) na zeměpisném pólu?
4. Urči velikost gravitačního zrychlení, které Země uděluje Měsíci. Hmotnost Země MZ = 5,98 . 1024 kg, vzdálenost Měsíce od středu Země r = 3,84 . 108 m.

Výsledky:

1) a) 2,45 m.s-2 b)1,09 m.s-2

2) 1,7 m.s-2

3) a) 97,8 N b) 98,3 N

4) 0,002 7 m.s-2

# Pohyb těles v blízkosti povrchu Země

1. Těleso bylo vrženo svisle vzhůru počáteční rychlostí 30 m.s-1. Urči a) okamžitou rychlost tělesa za dobu 1 s, 2s, 3 s od okamžiku vrhu, b) výšku tělesa nad místem vrhu za dobu 1 s, 2 s, 3 s od okamžiku vrhu, c) urči do jaké výšky těleso vystoupilo. Odpověď zdůvodni.
2. Těleso bylo vrženo svisle vzhůru počáteční rychlostí 27 m.s-1. Jaké největší výšky dosáhlo? Za jakou dobu dopadlo zpět na zem?
3. Z věže vysoké 80 m byl vyhozen vodorovným směrem kámen počáteční rychlostí 20 m.s-1. Na milimetrový papír sestroj ve vhodném měřítku (např. 10 m znázorni úsečkou 1 cm) trajektorii kamene. Z grafu urči, do jaké vzdálenosti od paty věže kámen dopadne.
4. Těleso bylo vrženo z věže vysoké 28 m vodorovným směrem počáteční rychlostí 18 m.s-1.

a) Za jakou dobu dopadlo na zem?

b) Jak daleko dopadlo od paty věže?

c) Vypočti velikost okamžité rychlosti v okamžiku dopadu na zem.

5. Kámen byl vržen pod elevačním úhlem 30o počáteční rychlostí 30 m.s-1.

Vypočti: a) velikost vodorovné a svislé složky počáteční rychlosti

b) souřadnice polohy kamene v čase t = 2,2 s

c) v jaké vzdálenosti dopadne kámen na vodorovnou rovinu

Výsledky:

1) a) 20 m.s-1, 10 m.s-1, 0 m.s-1 b)25 m, 40 m, 45 m c)45 m

2) 5,4 s, 36,45 m

3) 80 m

4) a) 2,4 s

b) 43,2 m

c) 30 m.s-1

5) a) vx = 26 m.s-1, vy = 15 m.s-1

b) xo = 57,2 m, yo = 8,8 m

c) 78 m

# Pohyby těles ve větších vzdálenostech od Země

1. Po jaké trajektorii se pohybuje těleso, je-li mu udělena v blízkosti povrchu Země a ve směru kolmém ke spojnici se středem Země rychlost a) 7 km/s, b) 7,9 km/s, c) 10 km/s, d) 11,2 km/s?
2. Jak velkou rychlostí se pohybuje Měsíc kolem Země? Jaké je doba jeho oběhu? Předpokládej pohyb měsíce po kružnici o poloměru r=3,84.108 m.
3. Jak velká rychlost by se musela udělit Měsíci na jeho současné trajektorii, aby se trvale vzdaloval od Země? Použij výsledek úlohy 2.
4. Urči velikost kruhové rychlosti a oběžnou dobu družice, která obíhá kolem Země ve výšce 630 km nad zemským povrchem. Hmotnost Země je 6.1024 kg, poloměr Země 6 370 km.

Výsledky:

2) 1 km/s, 27,9 dne

3) 1,4 km/s

4) 7,6 km.s-1, 97 min

# Gravitační pole Slunce

1. Urči střední vzdálenost Uranu od Slunce, je-li jeho oběžná doba 84 let.
2. Střední vzdálenost planety Neptun od Slunce je 30 AU. Jaká je jeho oběžná doba?

Výsledky:

1) 19 AU

2) 164 roků