5) Gravitační pole

**Newtonův gravitační zákon**

* Tělesa přitahují ostatní tělesa gravitační silou, která je nepřímo úměrná druhé mocnině vzdálenosti těžišť těles a přímo úměrná jejich hmotnosti



* Fg gravitační síla
* G univerzální gravitační konstanta (G = 6,67⋅10–11 N⋅m2⋅kg–2)
* m1 a m2 hmotnosti těles
* r vzdálenost mezi těžišti těles
* Pohybuje-li se těleso o hmotnosti m kolem Země, jejíž poloměr je Rz a hmotnost Mz, ve výšce h nad jejím povrchem, působí na něj Země gravitační silou Fg o velikosti:

$$F\_{g}=K\frac{mM\_{z}}{(R\_{Z}+h)^{2}}$$

**Gravitace**

* vlastnost všech těles, která mají hmotnost m
* projevuje se existencí přitažlivých sil, které působí na ostatní hmotná tělesa v okolí
* gravitační silové působení mezi tělesy je vždy vzájemné



**Intenzita gravitačního pole**

* podíl gravitační síly, kterou působí pole na těleso a hmotností tohoto tělesa
* jednotka: N ∙ kg-1
* veličina popisující gravitační pole
* intenzita je vektor (směr je určen směrem síly, kterou působí pole na těleso ⇒ na Zemi do středu Země)
* **intenzita gravitačního pole v daném místě je rovna gravitačnímu zrychlení**
* definice intenzity: → Fg = K ∙ m
* z II. NPZ: Fg = ag ∙ m
* ag … gravitační zrychlení (**ag = K**)
* s rostoucí vzdáleností klesá

**Centrální (radiální) gravitační pole**

* Intenzita gravitačního pole míří do středu tělesa
* Střed tělesa je gravitační střed centrálního pole
* Centrální gravitační pole vzniká kolem každého stejnorodého tělesa tvaru koule a v okolí hmotného bodu (Zemi lze považovat za kouli)
* Velikost intenzity gravitačního pole (Země) se s rostoucí výškou nad tělesem (Zemí) zmenšuje **(K je různé od konstanty)**

**Homogenní gravitační pole**

* Speciální případ centrálního (radiálního) gravitačního pole
* Veškeré vektory intenzity jsou všude stejně velké (zjednodušeno – v nevelkých vzdálenostech od povrchu Země se mění velice nepatrně)
* Pole má ve všech místech stejnou intenzitu gravitačního pole K **(K = konstanta)**

**Gravitační a tíhová síla při povrchu Země**

* **na každé těleso** na povrchu Země **působí** **přitažlivá gravitační síla**, která **směřuje** přesně **do středu Země**
* vyplývá z toho, že Země i my máme určitou hmotnost
* Země se otáčí kolem své osy ⇒ **na každé těles**o na povrchu Země **působí odstředivá** (setrvačná) **síla**
* směřuje ven od osy otáčení (spojnice severního a jižního pólu Země)
* tíhové zrychlení g závisí na zeměpisné šířce
* stanoveno normální tíhové zrychlení gn = 9,80665 m∙ s-2 = 9,81 m ∙ s-2
* **tíhová síla Fg** **je rovna vektorovému součtu gravitační síly Fg a setrvačné (odstředivé) síly Fs**

**Vrhy**

* složené pohyby z volného pádu a rovnoměrného přímočarého pohybu
1. **Vrh vodorovný**
* **pohyb skládající se z volného pádu a pohybu rovnoměrného přímočarého směřujícího vodorovně s povrchem Země**
* trajektorií pohybu je část paraboly, jejíž vrchol je v místě vrhu
* délka vrhu je závislá na počáteční rychlosti v0 a na výšce h, ze které bylo těleso vrženo
* např. kulička, která přejede hranu vodorovného stolu, výstřel z pušky ve vodorovném směru
1. **Vrh svislý vzhůru**
* **= pohyb složený z volného pádu a z pohybu rovnoměrného přímočarého směrem vzhůru**
* tento vrch se koná, když je těleso vrženo počáteční rychlostí v0 opačným směrem, než má tíhové zrychlení
* pohyb tělesa vzhůru je pohyb rovnoměrně zpomalený
* rychlost klesá až na vrcholu trajektorie je nulová
* poté se těleso vrací volným pádem k Zemi
1. **Šikmý vrh vzhůru**
* **pohyb, který se skládá z volného pádu a pohybu rovnoměrně přímočarého šikmo k povrchu Země**
* délka závisí na počáteční rychlosti v0 a na úhlu α, pod kterým bylo těleso vrženo
* využívá se v balistice (= věda zabývající se pohybem a účinkem střely), graf: balistická křivka



* ve vakuu – parabola
* ve vzduchu – balistická křivka
* balistická křivka je vždy kratší než parabola, protože ve vzduchu proti pohybu působí odpor prostředí
* Nejvyšší výšky dosáhne při elevačním úhlu 45o

**Pohyby těles v centrálním gravitačním poli Země**

* Trajektorie zasahují do velkých výšek od povrchu Země (resp. se jedná o pohyb na dlouhé vzdálenosti)
* mají velký význam v kosmonautice
* při těchto pohybech se mění K a ag (nelze je považovat za konstantní)
* Vektory obou těchto veličin míří do středu Země
* v0 … počáteční rychlost
	+ 1 … velmi malá v0 (těleso dopadne na povrch Země – obdoba vodorovného vrhu)
	+ 2 … větší v0 (těleso na Zem nedopadne, ale opíše kolem Země elipsu)
	+ 3 … pro určitou v0 těleso opisuje kolem Země kružnici (střed leží ve středu Země)
		- v0 = kruhová rychlost (vk) – nejmenší rychlost, která udrží těleso na kruhové dráze kolem Země

**Kosmické rychlosti**

**1. kosmická rychlost (kruhová)**

* těleso opisuje kružnici se středem Země
* rychlost klesá s rostoucí vzdáleností planet od Slunce
* na těleso působí zemská gravitace Fg a dostředivá síla, která tento pohyb způsobuje

Fg = Fd

* pro velmi malou výšku: vk = 7,9 km × s–1 (dosazením hodnot pro povrch Země)
* při větších rychlostech těleso přechází na pohyb kolem Země po elipse, a to až do rychlosti vp

**2. kosmická rychlost (parabolická)**

* = úniková rychlost
* při rychlosti vp = 11,2 km × s–1 se eliptická trajektorie mění na parabolickou a těleso se trvale vzdaluje od Země
* odpoutá se z gravitačního pole Země, ale zůstává nadále v gravitačním poli Slunce

**3. kosmická rychlost**

* po překročení rychlosti v = 16,7 km × s–1 těleso opouští gravitační pole Slunce
* pro lety ve vesmíru – zákon setrvačnosti a gravitace (ve vakuu je nic nebrzdí) ⇒ motory se používají jen při startu, brzdění a korekcích kurzu
* Pro lety ve vesmíru – zákon setrvačnosti a gravitace (ve vakuu je nic nebrzdí) ⇒ motory se používají jen při startu, brzdění a korekcích kurzu

**Keplerovy zákony**

* určují pohyby těles v gravitačním poli Slunce (tedy planet, komet, …)
1. **Keplerův zákon**
	* zákon oběžných drah
	* „Planety obíhají kolem Slunce po elipsách málo odlišných od kružnic, v jejichž společném ohnisku je Slunce.“
2. **Keplerův zákon**
	* „Obsahy ploch opsaných průvodičem planety za jednotku času jsou konstantní.“
	* průvodič = úsečka spojující planetu a střed Slunce
	* 1) afélium (A) – místo, v němž má těleso největší vzdálenost od Slunce
	* 2) perihélium (P) – místo, v němž má těleso nejmenší vzdálenost od Slunce
	* tento zákon nám dokazuje, že v oblasti afélia se těleso pohybuje nejpomaleji, v místě perihélia nejrychleji
3. **Keplerův zákon**
	* „Poměr druhých mocnin oběžných dob dvou planet se rovná poměru třetích mocnin hlavních poloos jejich trajektorií.“