**3. MECHANIKA TUHÉHO TELESA**

Ak pri riešení danej úlohy nemožno zanedbať rozmery a tvar fyzikálneho objektu, nemôžeme uvažovať o hmotnom bode, ale musíme uvažovať o hmotnom objekte konkrétneho tvaru a objemu - o telese.

**Tuhé teleso** je teleso, ktorého tvar a objem sa účinkom vonkajších síl nemení. Skladá sa z usporiadaných súborov, častíc, pevne viazaných na určitú polohu, v ktorej konajú chaotický kmitavý, (tepelný) pohyb. Medzi časticami pôsobia väzbové sily (príťažlivé a odpudivé), ktoré sa navzájom kompenzujú, preto pri pohybe tuhého telesa nemusíme prihliadať na jeho časticovú štruktúru, ale ho môžeme považovať za spojité prostredie - *kontinuum.* Zmenu pohybu tuhého telesa môžu spôsobiť len vonkajšie sily.

Tuhé telesá môžu konať pohyb:

**a) posuvný** (translačný) - všetky body telesa opíšu za ten istý čas rovnakú trajektóriu a ľubovoľné priamky pevne spojené s telesom zachovávajú svoj smer vzhľadom na vzťažnú sústavu.

**b) otáčavý** (rotačný) - pri otáčavom pohybe telesa okolo nehybnej osi opisujú body telesa kružnice so stredmi na osi otáčania a tieto kružnice ležia v rovinách kolmých na os otáčania. Rýchlosť pohybu jednotlivých bodov závisí od ich vzdialenosti od osi otáčania (s rastúcou vzdialenosťou sa zväčšuje). Uhlová rýchlosť pohybu týchto bodov je rovnaká, pretože spojnica každého jedného bodu s osou otáčania za rovnaký čas opíše rovnaký uhol.

**c) kombinovaný**

Otáčavý účinok sily pôsobiacej na tuhé teleso charakterizuje veličina moment sily. Jej veľkosť závisí od:

- veľkosti pôsobiacej sily

- polohy pôsobiska sily voči osi otáčania

**Moment sily** miera otáčavých účinkov sily.  
Jeho veľkosť vypočítame ako súčin veľkosti pôsobiacej sily a jej ramena.

{M} = 1 N.m

**Rameno sily** je to kolmá vzdialenosť vektora sily a osi otáčania.

Moment sily je vektorová fyzikálna veličina. Vektor leží v osi otáčania. Pre určenie smeru vektora sa používa pravidlo pravej ruky: **Ak položíme pravú ruku na povrch telesa tak, aby prsty ukazovali smer pôsobiacej sily a dlaň bola otočená k osi otáčania, potom vztýčený palec ukazuje smer momentu sily.**

M

r F

**Pôsobisko sily** bod, v ktorom pôsobí sila na teleso.

Moment sily môže spôsobiť otáčanie tuhého telesa   
- v kladnom zmysle t.j. proti pohybu hodinových ručičiek   
- zápornom zmysle t.j. v smere pohybu hodinových ručičiek.

**Momentová veta** Ak vektorový súčet všetkých momentov síl pôsobiacich na tuhé teleso sa rovná nule, otáčavý účinok sa neprejaví.

**Mv = M1 + M2 + ... + Mn = 0**

**Skladanie síl** skladať sily znamená určiť silu, ktorá má na teleso rovnaký účinok ako sily, ktoré skladáme. Určiť silu znamená určiť jej pôsobisko, veľkosť a smer. Sily, ktoré skladáme, sú **zložky** a silu, ktorá vznikne ich zložením, nazývame **výslednica**.

r1 r2

F1 F2

Fv

**a) dve rovnobežné sily rovnakého smeru**



Výslednica dvoch rovnobežných síl rovnakého smeru má súhlasný smer ako zložky. Jej veľkosť sa rovná súčtu veľkostí oboch zložiek, pôsobisko výslednice rozdeľuje vzdialenosť pôsobísk oboch zložiek v obrátenom pomere k veľkostiam zložiek. Tento bod nazývame stred rovnobežných síl.

**b) dve rovnobežné sily opačného smeru**

F1  r1

r2

F1´

F2´

F2

Fv

Výslednica dvoch rovnobežných síl opačného smeru má súhlasný smer ako väčšia zložka. Jej veľkosť sa rovná rozdielu veľkostí oboch zložiek, pôsobisko výslednice leží na predĺženej spojnici pôsobísk oboch zložiek na strane väčšej zložky.

**Rozkladanie sily na dve rovnobežné zložky:**

Rozložiť sily na dve rovnobežné zložky znamená nájsť dve také sily, ktorých výslednica sa rovná sile, ktorú skla-

skladáme. Pri rozkladaní rovnobežných síl platia podobné pravidlá, ako pri ich skladaní.

**Ťažisko -** Je to pôsobisko výslednej tiažovej sily telesa. Výsledná tiažová sila je zložená zo všetkých tiažových síl pôsobiacich na jednotlivé časti telesa. Polohu jeho pôsobiska môžeme určiť ako priesečník ťažníc tuhého telesa.  
V geometricky pravidelných telesách, v ktorých je hmota rozložená v celom objeme telesa pravidelne, je ťažisko v geometrickom strede telesa. Ťažisko môže byť aj mimo hmoty telesa (podkova, dutá guľa).

**Rovnovážna poloha tuhého telesa:** Tuhé teleso na otáčavej nehybnej osi je v rovnovážnej polohe vtedy, ak vektorový súčet všetkých síl a všetkých momentov síl, ktoré pôsobia na teleso je rovný nule.

**Rovnovážna poloha môže byť:**

a) stála (stabilná) ak je os otáčania nad ťažiskom a po vychýlení z pôvodnej polohy moment tiažovej sily vráti teleso do pôvodnej polohy. Pri vychýlení ťažisko vzhľadom na zem stúpa a potenciálna energia telesa sa zväčšuje.

b) voľná (indiferentná) - os otáčania je v ťažisku, po vychýlení z pôvodnej polohy zaujme novú voľnú rovnovážnu polohu. Potenciálna energia sa nemení.

c) vratká (labilná) os otáčania je pod ťažiskom, po vychýlení z nej vplyvom momentu tiažovej sily zaujme teleso stálu rovnovážnu polohu. Pri otočení telesa ťažisko vzhľadom na zem klesá. Potenciálna energia telesa sa znižuje.

os

**Stabilita telies** veličina charakterizujúca odpor telesa, ktorý kladie proti vychýleniu zo stálej polohy. Mierou stability telies je práca W, ktorú musíme vykonať, aby sme teleso prevrátili z rovnovážnej polohy stálej do rovnovážnej polohy vratkej. Čím je práca väčšia, tým je väčšia stabilita. Čím je ťažisko telesa nižšie, tým je jeho poloha stabilnejšia.

W = Ep = m . g . (r - h)

T

h r

**Energia otáčavého pohybu -** Keď sa tuhé teleso rovnomerne otáča uhlovou rýchlosťou , pohybujú sa aj jeho jednotlivé častice, ktoré považujeme za hmotné body rovnakou uhlovou rýchlosťou. Pre veľkosť rýchlosti pohybu častíc platí vi = ri .

**Kinetická energia telesa**, ktoré koná rovnomerný otáčavý pohyb okolo nehybnej osi, je rovná súčtu kinetických energií jeho častíc.

kinetická energia rotujúceho telesa okolo nehybnej osi závisí od hmotnosti telesa, rozloženia hmoty telesa okolo osi otáčania a od uhlovej rýchlosti pohybu telesa, kde

J = m1.r12 + m2.r22 + . . . + mn.rn2 , nazýva sa **moment zotrvačnosti telesa.**

**Moment zotrvačnosti telesa** vzhľadom na os závisí od hmotnosti telesa a od rozloženia látky v telese vzhľadom na os otáčania.

**Zotrvačníky** sú telesá s veľkým momentom zotrvačnosti - najviac látky majú umiestnené v okrajových častiach telesa, súmerne vzhľadom na os.

Momenty zotrvačnosti niektorých telies

moment zotrvačnosti tenkého rovnorodého kotúča, ktorého os prechádza stredom kolmo na os kotúča.

moment zotrvačnosti rovnorodej gule vzhľadom na os prechádzajúcu stredom gule