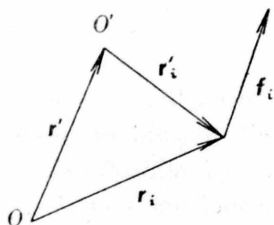
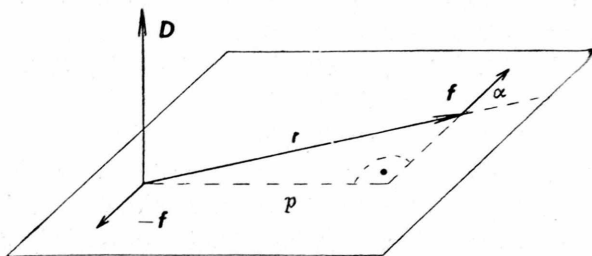


Najjednoduchší prípad sústavy síl s nulovým súčtom sú dve sily rovnakých absolútnych hodnôt a opačných smerov, dvojica síl (obr. 4.5). Súčet momentov síl tvoriacich dvojicu, stručne moment dvojice, nezávisí teda od voľby vzťažného bodu a rovná sa napríklad momentu jednej z nich vzhľadom na pôsobisko sily druhej, $\mathbf{D} = \mathbf{r} \times \mathbf{f}$, lebo moment druhej sily vzhľadom na tento bod sa rovná nule. Absolútna hodnota momentu dvojice síl je $D = rf \sin \alpha = pf$. Rovná sa teda súčinu absolútnej hodnoty ktorejkoľvek zo síl tvoriacich dvojicu a vzájomnej vzdialenosti priamok (rameno dvojice), v ktorých sily dvojice pôsobia. Pretože podľa vzorcov (1) a (2) článku 4.5 účinok dvojice síl na pohyb tuhého telesa je úplne určený jej momentom, ľubovoľné dve dvojice s rovnakým momentom (s ohľadom na absolútnu hodnotu i smer) sú v tuhom telese rovnocenné a navzájom sa nahrádzajú.



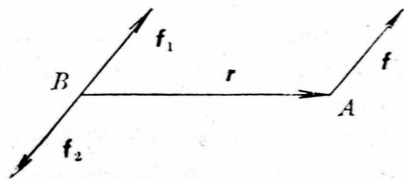
Obr. 4.4



Obr. 4.5

4.4. Redukcia síl v tuhom telese. Ako sme už povedali, zložiť, nahradiť jedinou silou, ich výslednicou, možno len sily rôznobežné a rovnobežné, pokiaľ netvorí dvojicu, lebo moment mimobežných (pôsobiacich v mimobežných priamkach) a dvojicu tvoriacich síl nie je vzhľadom na nijaký bod nulový a moment jedinej sily, ktorá by bola ich výslednicou, je nulový vzhľadom na každý bod jej priamky.

Keď v bode A tuhého telesa účinkuje sila $\mathbf{f}$ a v jeho bode B , v priamke s priamkou sily $\mathbf{f}$ rovnobežnej, pridáme dve ďalšie sily vo vzájomnej rovnováhe (obr. 4.6), silu $\mathbf{f}_1 = \mathbf{f}$ a silu $\mathbf{f}_2 = -\mathbf{f}$, spoločný účinok všetkých troch síl na pohybový stav tuhého telesa bude totožný s účinkom samotnej sily $\mathbf{f}$, účinkujúcej v jeho bode A . V bode B pridaná sila $\mathbf{f}_2 = -\mathbf{f}$ spolu so silou $\mathbf{f}$, účinkujúcou v bode A , tvoria však dvojicu s momentom $\mathbf{D} = \mathbf{r} \times \mathbf{f}$, keď $\mathbf{r}$ je polohový



Obr. 4.6

vektor bodu A vzhľadom na bod B . Táto dvojica spolu s druhou pridanou (preloženou) silou $\mathbf{f}_1 = \mathbf{f}$ silu $\mathbf{f}$ úplne nahrádzujú. Platí teda veta:

Silu pôsobiacu na tuhé teleso môžeme preniesť do iného jeho bodu, keď súčasne pridáme dvojicu s momentom rovnajúcim sa momentu sily danej vzhľadom na jej nové pôsobisko.

Keď na tuhé teleso v jeho rôznych bodoch s polohovými vektormi vzhľadom na zvolený bod telesa $\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2$ až $\mathbf{r}_n$ účinkuje spolu n síl, $\mathbf{f}_1, \mathbf{f}_2$ až $\mathbf{f}_n$, môžeme všetky preniesť do tohto bodu a nahradiť ich tam ich súčtom $\mathbf{F} = \Sigma \mathbf{f}_i$, keď súčasne pridáme dvojice s momentami $\mathbf{D}_1 = \mathbf{r}_1 \times \mathbf{f}_1$, $\mathbf{D}_2 = \mathbf{r}_2 \times \mathbf{f}_2$ až $\mathbf{D}_n = \mathbf{r}_n \times \mathbf{f}_n$, ktorých súčet je $\mathbf{D} = \Sigma \mathbf{r}_i \times \mathbf{f}_i$ a ktoré možno nahradiť jedinou dvojicou s týmto momentom (pozri čl. 4.5).

Lubovoľný počet síl účinkujúcich na tuhé teleso v jeho rôznych bodoch môžeme teda vždy nahradiť jednou silou $\mathbf{F}$, účinkujúcou v ľubovoľne zvolenom bode telesa a rovnajúcou sa ich súčtu ako vektorov, $\mathbf{F} = \Sigma \mathbf{f}_i$, a jedinou dvojicou s momentom $\mathbf{D}$, ktorý sa rovná súčtu momentov všetkých daných síl vzhľadom na zvolené pôsobisko sily $\mathbf{F}$, $\mathbf{D} = \Sigma \mathbf{r}_i \times \mathbf{f}_i$.

4.5. Pohybové rovnice a podmienky rovnováhy tuhého telesa. Tuhé teleso sa od sústavy voľných hmotných bodov líši len tým, že sily pôsobiace medzi hmotnými elementami tuhého telesa, podmieňujúce tvarovú stálosť tuhého telesa, sú veľmi mohutné. Preto pre pohyb tuhého telesa môžeme použiť výsledky odvodené pre sústavu hmotných bodov s vnútornými silami:

$$\mathbf{F} = \sum \mathbf{f}_i = M \mathbf{a}^* = \frac{d\mathbf{H}}{dt} \quad (1)$$

$$\mathbf{D} = \sum (\mathbf{r}_i \times \mathbf{f}_i) = \frac{d\mathbf{G}}{dt} \quad (2)$$

podľa ktorých:

1. *za účinku vonkajších síl sa ťažisko tuhého telesa pohybuje tak, ako keby všetky sily účinkovali v jeho ťažisku a celá hmota bola sústredená v ťažisku (veta o ťažisku),*

2. *súčet momentov všetkých vonkajších síl vzhľadom na ľubovoľný bod sa rovná časovej zmene celkového momentu hybnosti telesa vzhľadom na tenže bod (veta momentová).*

Keď je teleso v pokoji, rýchlosť a zrýchlenie jeho ťažiska sa rovnajú nule, teda podľa rovnice (1) aj súčet všetkých síl účinkujúcich na teleso sa rovná nule. Keď je teleso v pokoji, aj celkový moment jeho hybnosti, a preto aj jeho časová zmena sa rovnajú nule. Podľa rovnice (2) teda aj súčet momentov všetkých vonkajších síl účinkujúcich na teleso sa rovná nule, a to vzhľadom na každý bod, lebo ak súčet vonkajších síl sa rovná nule, súčet ich momentov