Rovnica (a) má preto tvar

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\sum m_i v_i \,.\, \delta \mathbf{r}_i = \delta(K - U) = \delta L$$

Zvoľme virtuálne posunutia tak, aby sa rovnali nule v čase t_0 aj v čase t_1 a integrujme predchádzajúcu rovnicu podľa času v tomto intervale. Dostaneme

$$\delta \int_{t_0}^{t_1} L\,\mathrm{d}t = \int_{t_0}^{t_1} \mathrm{d}\left(\sum m_i \mathbf{v}_i \,.\, \delta \mathbf{r}_i\right) = 0$$

lebo v časoch t_0 a t_1 virtuálne posunutia podľa predpokladu sa rovnajú nule. Rovnica

$$\delta \int_{t_0}^{t_1} L\,\mathrm{d}t = 0 \tag{1}$$

vyjadruje *Hamiltonov princíp*. Integrál $S = \int_{t_0}^{t_1} L\,\mathrm{d}t$ sa nazýva účinok pri pohybe sústavy s konzervatívnymi silami. Po zavedení tohto označenia Hamiltonov princíp možno vyjadriť rovnicou

$$\delta S = 0 \tag{2}$$

Podľa tejto rovnice mechanické deje za pôsobenia konzervatívnych síl sa odohrávajú tak, že pri nich má účinok extrémnu hodnotu. Možno dokázať, že týmto extrémom je minimum. Pre túto okolnosť sa Hamiltonov princíp nazýva aj *princíp najmenšieho účinku*. V optike sa oboznámime s *Fermatovým princípom*, ktorý sa svojím obsahom, matematickým vyjadrením aj významom veľmi podobá Hamiltonovmu princípu.

4. DYNAMIKA TUHÉHO TELESA

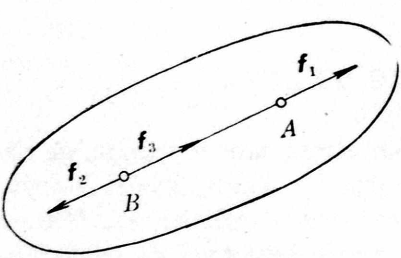
4.1. Pojem tuhého telesa. Telesá, ako sa s nimi stretávame v prírode, sú viac alebo menej usporiadané súbory atómov, molekúl a iónov, medzi ktorými účinkujú tzv. vnútorné sily, závislé od ich vzájomnej vzdialenosti. Veľkosť a povaha týchto síl spôsobuje, že aj pri rovnakej teplote a za rovnakého vonkajšieho tlaku preukazujú telesá aj zo stránky mechanickej rozličné vlastnosti: nerovnako sa na nich prejavujú účinky vonkajších síl. Teleso nazývame *pevným*, ak jeho objem alebo tvar môžeme podstatne zmeniť len za použitia pomerne veľkých síl.

Niekedy pri sledovaní účinkov vonkajších síl pôsobiacich na pevné teleso nás nezaujíma prípadná zmena jeho tvaru a objemu a svoju pozornosť sústreďujeme iba na zmeny jeho polohy v priestore. V tom prípade pri štúdiu rovnováhy a pohybu pomerne pevných telies ako celkov opierame sa s výhodou o predstavu *telesa (dokonale) tuhého*, ktorého tvar a objem nemožno zmeniť nijakými silami. Takéto *tuhé telesá* sú teda len abstraktným pojmom.

Vzhľadom na atomistickú štruktúru telies je veľmi prirodzená predstava, že sa telesá skladajú z ohromného počtu hmotných bodov, ktoré sa najmä v prípade telies pevných a kvapalných nachádzajú vo veľmi malých vzájomných vzdialenostiach. Z tejto predstavy vychádzame pri prechode od mechaniky hmotného bodu k mechanike telies. Avšak veľká hustota týchto bodov, takže je ich veľmi mnoho aj v najmenšom realizovateľnom objeme, pripúšťa aj predstavu inú, predstavu o spojitom rozložení hmoty v priestore. Táto predstava umožňuje vyjadriť rôzne vlastnosti v jednotlivých bodoch priestoru zaujatého telesom pomocou spojitých funkcií a používať diferenciálny počet. Tak napríklad namiesto toho, aby sme vo svojich teoretických úvahách počítali s hmotnosťami hmotných bodov tvoriacich teleso, môžeme za základ vziať mernú hmotnosť $s = \dfrac{\mathrm{d}m}{\mathrm{d}\tau}$, kde d$m$ je hmotnosť v objeme dτ, ktorý musí byť dosť malý, aby tento podiel dosť dobre vystihol príslušnú lokálnu vlastnosť, v našom prípade mernú hmotnosť telesa, nie však až príliš malý, aby sa v dôsledku atomistickej štruktúry telies neprejavilo kolísanie tejto vlastnosti.

V tejto kapitole budeme sa opierať o predstavu telesa dokonale tuhého, spojite vyplneného hmotou. So skutočnou štruktúrou a s niektorými vlastnosťami telies, ktoré z nej vyplývajú, budeme sa podrobnejšie zaoberať až neskoršie.

4.2. Skladanie síl v tuhom telese. Dve sily s rovnakými absolútnymi hodnotami a opačnými smermi, účinkujúce v jednom bode tuhého telesa, navzájom sa rušia. Ale v dôsledku tuhosti telesa rušia sa dve také sily aj vtedy, keď účinkujú v rôznych bodoch tuhého telesa, pokiaľ spojnica ich pôsobísk je so smerom síl rovnobežná (sily $\mathbf{f}_1$ a $\mathbf{f}_2$ na *obr. 4.1*). Keď v bode A tuhého telesa účinkuje sila $\mathbf{f}_1$ a v bode B, ktorý leží v priamke sily $\mathbf{f}_1$, sily $\mathbf{f}_2$ a $\mathbf{f}_3$, $\mathbf{f}_2 = -\mathbf{f}_1$, $\mathbf{f}_3 = \mathbf{f}_1$, spoločný účinok všetkých troch síl je totožný s účinkom samotnej sily $\mathbf{f}_1$ s pôsobiskom v bode A, lebo účinky síl $\mathbf{f}_2$ a $\mathbf{f}_3$, pôsobiacich v bode B, sa navzájom rušia. Ale spoločný účinok všetkých troch síl je totožný aj s účinkom samotnej



Obr. 4.1