

1.3. Cieta ķermeņa dinamika

Atcerēsimies, ka mehānikā ķermeni mēdz uzlūkot par *materiālu punktu sistēmu*. Mijiedarbības laikā ķermeni var deformēties, t.i. mainīt savu formu un izmērus, tāpēc mehānikā tiek ieviests vēl viens modelis (1. lekcijā tika apskatīts *materiāla punkta modelis*) – *absolūti ciets ķermenis*. Par absolūti cietu sauc ķermeni, kas nedeformējas jebkādas iedarbības rezultātā, un jebkurā gadījumā *ķermeni veidojošo materiālo punktu savstarpējie attālumi ir nemainīgi*.

1.3.1. Cieta ķermeņa kustība

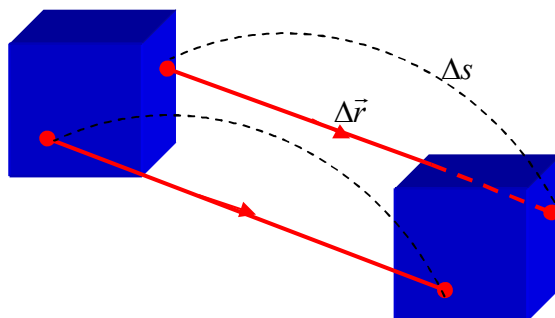
Cietu ķermeni raksturo divi kustības pamatveidi: *translācijas* un *rotācijas kustība*. Cietā ķermeņa *translācijas (virzes) kustība* ir tāda kustība, kurā *ikviens taisnes nogrieznis*, kas savieno divus patvaļīgi izraudzītus ķermeņa punktus, visā kustības laikā *pārvietojas sev paralēli*.

Cietā ķermeņa *rotācija (griešana) ap nekustīgu asi* ir tāda kustība, kurā visi ķermeņa *punkti kustas pa riņķa līnijām*, kas atrodas paralēlās plaknēs, un kuru centri novietoti uz vienas taisnes – rotācijas ass.

Katru cietā ķermeņa kustību vienmēr var aplūkot kā translācijas un rotācijas kustības kombināciju, precīzāk - kā viena punkta kustību un ķermeņa rotāciju ap šo punktu. Piemēram, lodei ripojot pa plakni, notiek lodes centra virzes kustība un rotācija ap lodes centru.

1.3.1.1. Cietā ķermeņa translācijas kustība

Ja notiek translācijas kustība, tad visi ķermeņa punkti kustas pa vienādām, telpā paralēli novietotām, trajektorijām (1.11. att.). Jebkurā laika sprīdī Δt visi punkti ir veikuši vienādu pārvietojumu $\Delta \vec{r}$ un noieto ceļu Δs . Katrā momentā tiem visiem ir vienāds ātrums un paātrinājums. Tas nozīmē - lai aprakstītu cietā ķermeņa translācijas kustību, jāuzrāda pārējo punktu novietojums attiecībā pret vienu izraudzīto. Tātad, *cietā ķermeņa translācijas kustības kinemātika atbilst materiālā punkta kinemātikai*.



1.11. att.

Ņemot vērā vienādojumus (1.16) un (1.25),



varam pierakstīt (projekcijās uz x asi):

vienmērīgas kustības gadījumā ($v_x = \text{const}$):

$$x = x_0 + v_x t;$$

vienmērīgi mainīgas kustības gadījumā ($a_x = \text{const}$): $v_x = v_{0x} \pm a_x t$;

(1.92)

$$x = x_0 + v_{0x} t \pm \frac{a_x t^2}{2}; \quad (1.93)$$

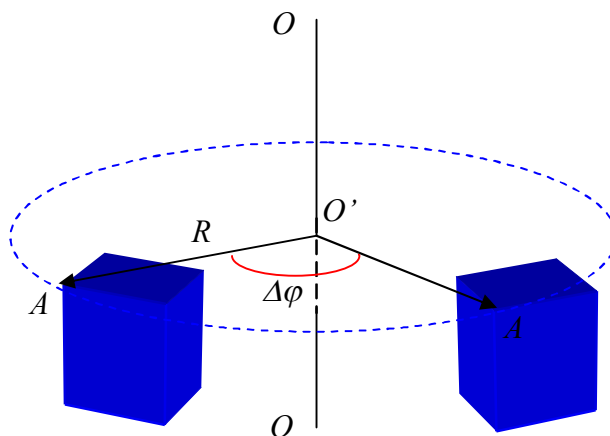
nevienmērīgi mainīgas kustības gadījumā ($a_x \neq \text{const}$):

$$v = v_0 + \int_0^t a(t) dt; \quad (1.94)$$

$$x = x_0 + \int_0^t v(t) dt. \quad (1.95)$$

1.3.1.2. Cieta ķermeņa rotācijas kustība

Ja ap asi OO' rotējošā ķermenī ir kāds punkts A (1.12. att.), tad tas kustas pa riņķa līniju ar rādiusu R . Paejot laika sprīdim Δt , vektors $\vec{R} = \vec{O'A}$ pagriežas par leņķi $\Delta\varphi$. Visu citu ķermeņa punktu aprakstīto riņķa līniju rādiusi pagriežas par tādu pašu leņķi, tādēļ pagriežiena leņķis $\Delta\varphi$ raksturo visa ķermeņa kustību, un cieta ķermeņa rotācijas kustība reducējas uz materiālā punkta kustību pa aploci.



1.12. att.

Ņemot vērā vienādojumus (1.31 – 1.33)

un (1.37 – 1.39), varam pierakstīt:

vienmērīgas rotācijas kustības gadījumā ($\omega = \text{const}$):

$$\varphi = \varphi_0 + \omega \cdot t; \quad (1.96)$$

vienmērīgi mainīgas rotācijas kustības gadījumā ($\varepsilon = \text{const}$):

$$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon \cdot t; \quad (1.97)$$



$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}; \quad (1.98)$$

nevienmērīgi mainīgas rotācijas kustības gadījumā ($\varepsilon \neq \text{const}$):

$$\omega = \omega_0 + \int_0^t \varepsilon(t) dt; \quad (1.99)$$

$$\varphi = \varphi_0 + \int_0^t \omega(t) dt. \quad (1.100)$$

1.3.2. Inerces moments

Ķermeņa rotācijas kustībā ļoti svarīgs lielums ir t. s. ķermeņa *inerces moments* attiecībā pret rotācijas asi. Viena (*i*-tā) *materiālā punkta inerces momentu* I_i attiecībā pret rotācijas asi definē kā šī punkta masas m_i reizinājumu ar tā attāluma r_i kvadrātu līdz rotācijas asij, t.i.:

$$I_i = m_i r_i^2 \quad (1.101)$$

Tā kā ķermeni var uzskatīt par N materiālu punktu sistēmu, tad *ķermeņa inerces moments pret rotācijas asi ir visu ķermeni veidojošo materiālo punktu inerces momentu summa*:

$$I = \sum_{i=1}^N I_i = \sum_{i=1}^N m_i r_i^2. \quad (1.102)$$

Inerces momenta mērvienība SI sistēmā ir $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

Inerces momentu ir nosaka ķermeņa masa un tās sadalījums ap rotācijas asi. Gadījumā, kad masas sadalījums ķermenī ir vienmērīgs, summu var aizvietot ar integrāli:

$$I = \int r^2 dm, \quad (1.103)$$

kur integrēšana jāveic pa visu ķermeņa tilpumu. Integrējot var iegūt šādas formulas:

1) blīva homogēna cilindra (diska) inerces moments attiecībā pret cilindra asi

$$I = \frac{1}{2} m R^2, \quad (1.104)$$

kur R – cilindra rādiuss un m – tā masa;

(Ja cilindrs ir homogēns un tā blīvums ρ , tad $dm = \rho dV = \rho h 2\pi r dr$, kur dm ir tilpuma elementa dV masa, kura attālums līdz asij ir r . Saskaņā ar formulu (1.103):

$$I = \int dI = \int r^2 dm = \int r^2 \rho dV = \int r^2 \rho \cdot 2\pi r h dr = 2\pi h \rho \int r^3 dr.$$

Integrējot robežās no 0 līdz R :



$$I = 2\pi h \rho \int_0^R r^3 dr = \frac{1}{2} \pi h \rho R^4.$$

Bet tā kā $\pi R^2 h$ - cilindra tilpums, tad cilindra masa $m = \pi R^2 h \rho$, bet inerces moments

$$I = \frac{1}{2} m R^2 .)$$

2) doba cilindra (ar plānām sienām) inerces moments attiecībā pret cilindra asi

$$I \approx m R^2 ; \quad (1.105)$$

3) homogēnas lodes inerces moments attiecībā pret asi, kas iet caur tās centru

$$I = \frac{2}{5} m R^2 ; \quad (1.106)$$

kur R – lodes rādiuss un m – tās masa;

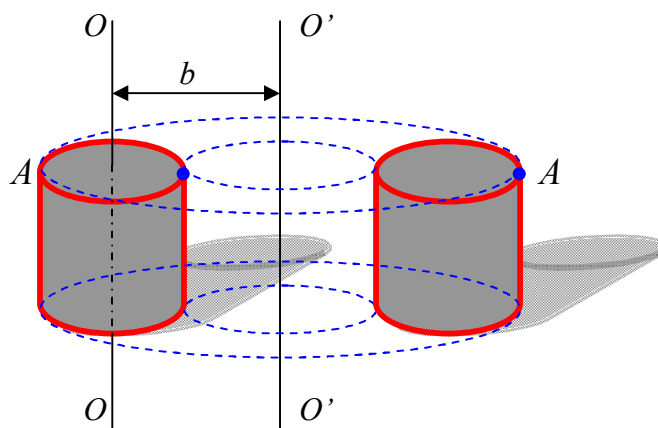
4) homogēna stieņa inerces moments attiecībā pret asi, kas iet caur tā viduspunktu perpendikulāri stieņa garumam l ,

$$I = \frac{1}{12} m l^2 . \quad (1.107)$$

Ja ir dots kāda ķermeņa inerces moments I_0 attiecībā pret asi OO , kas iet caur ķermeņa masas centru (1.13. att.), tad inerces momentu attiecībā pret jebkuru citu asi $O'O'$, kas paralēla pirmajai, var atrast pēc Šteinera formulas

$$I = I_0 + m b^2 , \quad (1.108)$$

kur m – ķermeņa masa un b – īsākais attālums no ķermeņa masas centra līdz rotācijas asij.



1.13. att.

Inerces momentam ķermeņa rotācijas kustībā ir tāda pati nozīme kā masai translācijas kustībā, t. i., tas raksturo ķermeņa rotācijas kustības inerci. Tāpēc inerces momentu bieži sauc par „rotācijas masu”.

1.3.3. Spēka moments

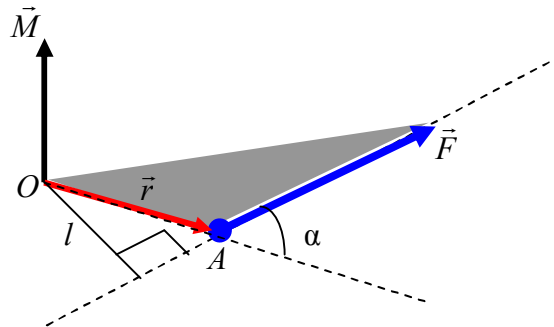
Var pieņemt, ka punktā A , kura attālumu no punkta O nosaka radiusvektors $\vec{r}$, ķermenim pielikts spēks $\vec{F}$ (1.14. att.). Spēka moments $\vec{M}$ attiecībā pret punktu O ir radiusvektora $\vec{r}$ un spēka $\vec{F}$ vektoriāls reizinājums:

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}. \quad (1.109)$$

Vektora $\vec{M}$ virziens ir perpendikulārs vektoru $\vec{r}$ un $\vec{F}$ veidotā laukuma plaknei (1.14. att.), un tā virzienu nosaka labās vītnes skrūves kustības virziens, apejot minēto laukumu virzienā no $\vec{r}$ uz $\vec{F}$.

Spēka momenta modulis

$$|\vec{M}| = M = Fr \sin \alpha. \quad (1.110)$$



1.14. att.

Īsākais attālums $\ell = r \sin \alpha$ starp punktu O un spēka $\vec{F}$ darbības virzienu ir *spēka plecs* attiecībā pret punktu O . Tad

$$M = Fl, \quad (1.111)$$

tātad *spēka momenta modulis M ir spēka moduļa F un spēka pleca l reizinājums.*

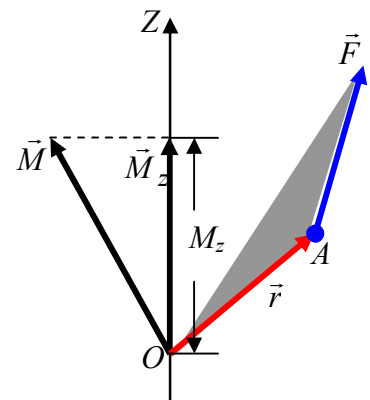
Spēka momenta mērvienība SI sistēmā ir $\text{IN}\cdot\text{m}$ (kuru nedrīkst pārvērst džoulos).

Gadījumā, ja uz ķermeni darbojas vairāki spēki, tad kopējais spēka moments $\vec{M}$ pret punktu O ir atsevišķo spēka momentu $\vec{M}_i$ ģeometriskā summa:

$$\vec{M} = \sum_i \vec{M}_i. \quad (1.112)$$

Spēka moments $\vec{M}$ pret punktu nosaka punktā O nekustīga vai brīva ķermeņa rotācijas ātrumu un virzienu: ķermenis griežas ap spēka momenta $\vec{M}$ virzienā vērstu asi.

Ja ķermenim caur nekustīgu punktu O iet kāda nekustīga taisne Z (rotācijas ass), tad par *spēka momentu attiecībā pret asi Z sauc spēka momenta $\vec{M}$ komponenti $\vec{M}_z$ šīs ass virzienā*. Spēka moments pret asi ir vektoriāls lielums, bet tā modulis ir skalārs lielums, kas vienāds ar spēka momenta $\vec{M}$ projekciju uz šo asi (1.15. att.). Pie tam, momenta M_z skaitliska vērtība nav



1.15. att.

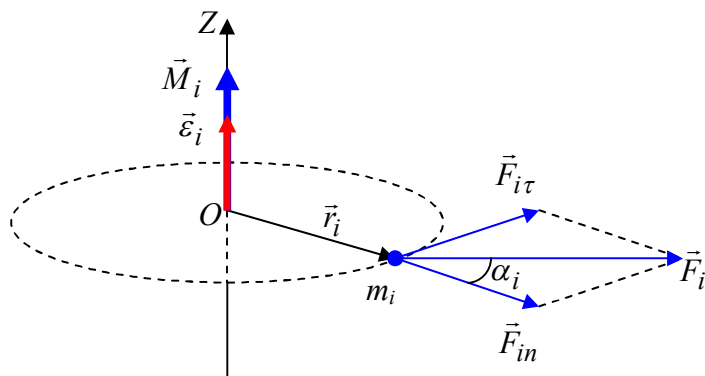


atkarīga no punkta O stāvokļa.

Spēka momentam rotācijas kustībā ir tāda pati nozīme kā spēkam translācijas kustībā, proti, tā iedarbībā ķermenis maina rotācijas ātrumu.

1.3.4. Ķermeņa rotācijas dinamikas pamatvienādojums

Cietam ķermenim ar nekustīgu rotācijas asi materiālie punkti (1.16. att.) var kustēties tikai pa riņķa līnijām. Pieņemsim, ka i -tā materiālā punkta masa ir m_i un attālums no rotācijas ass r_i (punkta stāvokli var noteikt arī ar rādiusvektoru $\vec{r}_i$). Ja punktam pieliek spēku $\vec{F}_i$, kas atrodas rotācijas asij perpendikulārā plaknē,



1.16. att.

tad to var sadalīt divās komponentēs: $\vec{F}_{in}$ un $\vec{F}_{i\tau}$. Saistes reakcijas spēks (spēks, kas notur materiālo punktu attālumā r_i no ass) kompensē komponenti $\vec{F}_{in}$. Savukārt, komponente $F_{i\tau} = F_i \sin \alpha_i$ piešķir punktam ar masu m_i tangenciālo paātrinājumu $a_{i\tau}$. To var izteiktaskaņā ar otro Ņūtona likumu $a_{i\tau} = F_{i\tau} / m_i$. Tādēļ $a_{i\tau} = F_{i\tau} / m_i = F_i \sin \alpha_i / m_i$. Reizināsim šo sakarību abas puses ar r_i un ievērosim, ka $a_{i\tau} = \varepsilon_i r_i$, kur ε_i – leņķiskais paātrinājums, bet $F_i r_i \sin \alpha_i = M_i$ - spēka moments un $m_i r_i^2 = I_i$ – inerces moments attiecībā pret rotācijas asi. Tad

$$\varepsilon_i = \frac{M_i}{I_i} \text{ jeb } M_i = I_i \varepsilon_i. \quad (1.113)$$

Vektori $\vec{\varepsilon}_i$ un $\vec{M}_i$ atrodas uz vienas taisnes (uz Z ass) un ir vienādi vērsti (1.16. att.), tāpēc

$$\vec{\varepsilon}_i = \frac{\vec{M}_i}{I_i} \text{ jeb } \vec{M}_i = I_i \vec{\varepsilon}_i. \quad (1.114)$$

Šādi uzrakstīts ir *viena materiāla punkta rotācijas dinamikas pamatvienādojums*. Summējot vienādojumus, kas raksturo visus ķermeni veidojošos materiālos punktus, un ievērojot, ka



$\sum_i I_i = I$ un $\sum_i M_i = M$, atrodam arī cietā ķermeņa rotācijas dinamikas pamatvienādojumu skalāra formā:

$$M = I\varepsilon \quad (1.115)$$

un vektoriāla formā:

$$\vec{M} = I\vec{\varepsilon}. \quad (1.116)$$

Šis vienādojums ir analogs otrajam Ņūtona likumam translācijas kustībā.

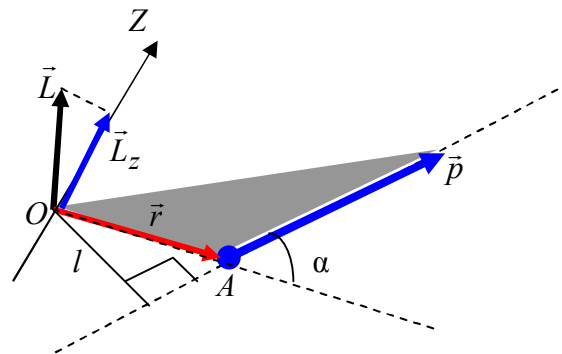
, Ciets ķermenis atrodas miera stāvoklī vai rotē ar nemainīgu leņķisko ātrumu, ja ārējā kopspēka moments $\vec{M} = 0$, tad arī $\vec{\varepsilon} = 0$. Tas ir analogs pirmajam Ņūtona likumam.

1.3.5. Impulsa moments

Materiāla punkta A impulsa moments $\vec{L}$ attiecībā pret nekustīgu punktu O ir rādiusvektora $\vec{r}$ un punkta impulsa $\vec{p}$ (1.17. att.) vektoriāls reizinājums:

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = \vec{r} \times (m\vec{v}). \quad (1.117)$$

Vektora $\vec{L}$ virziens ir perpendikulārs vektoru $\vec{r}$ un $\vec{p}$ (resp. $\vec{v}$) veidota laukuma plaknei (1.17. att.), un tā virzienu nosaka labās vītnes skrūves kustības virziens, apejot minēto laukumu virzienā no $\vec{r}$ uz $\vec{p}$.



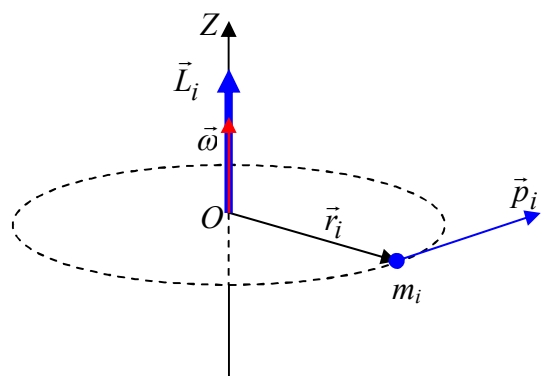
1.17. att.

Impulsa momenta modulis

$$|\vec{L}| = L = pr \sin \alpha = mvr \sin \alpha = pl, \quad (1.118)$$

kur α – leņķis starp $\vec{r}$ uz $\vec{p}$ vektoriem, l – vektora $\vec{p}$ plecs attiecībā pret punktu O .

Impulsa moments attiecībā pret asi Z ir impulsa $\vec{L}$ komponente $\vec{L}_z$ šīs ass virzienā (1.17. att.). Tās modulis ir skalārs lielums, kas vienāds ar spēka momenta $\vec{L}$ projekciju uz šo asi. Pie tam, impulsa momenta L_z skaitliskā vērtība nav atkarīga no punkta O stāvokļa.



1.18. att.



Pieņemsim, ka ķermenis rotē ap asi Z . Punktam, kura attālumu no rotācijas ass nosaka rādiusvektors $\vec{r}_i$, ir masa m_i un impulss $\vec{p}_i = m_i \vec{v}_i$ (1.18. att.). Ievērojot iepriekš teikto, šī materiālā punkta impulsa moments $\vec{L}_i$ attiecībā pret rotācijas asi ir:

$$\vec{L}_i = \vec{r}_i \times \vec{p}_i = \vec{r}_i \times (m_i \vec{v}_i). \quad (1.119)$$

Tā kā $\vec{v}_i \perp \vec{r}_i$, tad impulsa momenta modulis ir

$$|\vec{L}_i| = L_i = r_i \times p_i = r_i m_i v_i. \quad (1.120)$$

Ķermeņa (N materiālu punktu sistēmas) impulsa moments izsakāms šādi:

$$L = \sum_i^N L_i = \sum_i^N r_i m_i v_i. \quad (1.121)$$

Zināms, ka $v_i = r_i \omega$. Tādēļ, izmantojot formulu (1.102), var iegūt lietošanai ērtākas formulas:

$$L = \sum_i^N m_i r_i^2 \omega = \omega \sum_i^N m_i r_i^2 = \omega I,$$

t. i.

$$L = I\omega. \quad (1.122)$$

Nemot vērā, ka vektori $\vec{L}$ un $\vec{\omega}$ ir kolineāri, tad

$$\vec{L} = I\vec{\omega}. \quad (1.123)$$

Tātad, ķermeņa impulsa momentu $\vec{L}$ attiecībā pret rotācijas asi nosaka tā inerces momenta I un leņķiska ātruma $\vec{\omega}$ reizinājums.

Ķermeņa rotācijas kustības dinamikas pamatvienādojumu (1.116) var pārveidot, izmantojot impulsa momentu un leņķiskā paātrinājuma formulu ($\vec{\varepsilon} = d\vec{\omega} / dt$):

$$\vec{M} = I\vec{\varepsilon} = I \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \frac{d(I\vec{\omega})}{dt} = \frac{d\vec{L}}{dt}. \quad (1.124)$$

Ķermeņa impulsa momenta atvasinājums pēc laika (impulsa momenta izmaiņa laika vienībā) ir vienāds ar ķermenim pieliktā spēka momentu.

1.3.6. Impulsa momenta nezūdamības likums

Ja mehāniskā sistēma ir noslēgta sistēma (nav pielikti ārēji spēki), tad arī ārējo spēku moments $\vec{M} = 0$. Tad, saskaņā ar formulu (1.124), $\frac{d\vec{L}}{dt} = 0$ un



$$\vec{L} = \text{const.} \quad (1.125)$$

Tātad var secināt: *noslēgtas mehāniskās sistēmas impulsa moments ir konstants*. To sauc par impulsa momenta nezūdamības likumu.

Ņemot vērā formulu (1.122) diviem laika momentiem $L_1 = I_1 \omega_1$ un $L_2 = I_2 \omega_2$, noslēgtai mehāniskai sistēmai $I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$.

Tā kā sistēmas, ko veido ķermeņi uz Zemes vai tās tuvumā, nav noslēgtas, jo uz ķermeņiem darbojas Zemes smaguma spēks, tad praksē lielāka nozīme ir ķermeņa vai ķermeņu sistēmas *impulsa momenta projekcijas nezūdamības likumam*. Ja, piemēram, uz kādu Z asi ārējo spēku momenta projekcija $M_z = 0$, tad $\frac{dL_z}{dt} = 0$ un $L_z = I_z \omega_z = \text{const.}$

, Ja ārējo spēku momenta projekcija uz kādu asi vienāda ar nulli, tad ķermeņa vai ķermeņu sistēmas impulsa momenta projekcija uz šo asi laikā nemainās.

1.3.7. Rotējoša ķermeņa kinētiskā enerģija, darbs un jauda

Rotējoša ķermeņa kinētiskā enerģija ir ķermeņa visu materiālo punktu kinētisko enerģiju summa:

$$W_k = \sum_i \frac{m_i v_i^2}{2} = \sum_i \frac{m_i r_i^2 \omega^2}{2} = \sum_i \frac{I_i \omega^2}{2} = \frac{I \omega^2}{2}. \quad (1.126)$$

Cieta ķermeņa rotācijas gadījumā darbu, ko dara ārējie spēki, griežot ķermeņi, var izteikt ar spēka momentu M un pagrieziena leņķi φ . Tā, piemēram, ķermeņa apmalei attālumā r no rotācijas ass kustības virzienā pieliekot spēku F un pagriežot ķermeni par bezgalīgi mazu loku $ds = r d\varphi$, resp., par $d\varphi$, tiek padarīts darbs

$$dA = F ds = F r d\varphi = M d\varphi. \quad (1.127)$$

Tad darbu A , kas tiek veikts, ķermenim pagriežoties par leņķi φ , izsaka integrējot:

$$A = \int_0^\varphi dA = \int_0^\varphi M d\varphi. \quad (1.128)$$

Ja griešanas laikā spēka moments ir nemainīgs ($M = \text{const}$), tad:

$$A = M \cdot \varphi. \quad (1.129)$$

Ievērojot izteiksmi (1.128), *rotējoša ķermeņa jaudu*, t. i., tā darbu laika vienībā, var izteikt kā spēka momenta M un ķermeņa leņķiskā ātruma ω reizinājumu:

$$N = \frac{dA}{dt} = \frac{M d\varphi}{dt} = M \omega. \quad (1.130)$$



No šīs izteiksmes, zinot, piemēram, elektromotora jaudu N un apgriezienu skaitu minūtē $n = 60\nu = 60\omega / 2\pi$, var aprēķināt tā spēka momentu

$$M = \frac{N}{\omega} = \frac{60N}{2\pi n}. \quad (1.131)$$

Rotējoša ķermeņa kinētiskās enerģijas pieaugums un ķermenim pieliktā kopspēka veiktais darbs ir vienādi:

$$A_{12} = W_{K2} - W_{K1} = \frac{I\omega_2^2}{2} - \frac{I\omega_1^2}{2}. \quad (1.132)$$

1.3.8. Rites kustība

Rite, piemēram, cilindra velšanās bez slīdes pa kādu virsmu, ir ķermeņa salikta translācijas (ar ātrumu v_{tr}) un rotācijas (ar leņķisko ātrumu ω) kustība. Ja ķermenis rit (ripo) *bez slīdes*, tad rites kustībā ķermenis vienmēr rotē ap kustīgu momentāno rotācijas asi, un ķermeņa pilnā kinētiskā enerģija

$$W_k = \frac{mv_{tr}^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} = \frac{mr^2\omega^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}. \quad (1.133)$$

Tas jāievēro daudzu praktisku uzdevumu risināšanā.

1.3.9. Translācijas un rotācijas analogija

Ķermeņu translācijas un rotācijas kustībai ir raksturīgi atšķirīgi fizikālie lielumi, tomēr katram translācijas kustības raksturlielumam atbilst analogs lielums rotācijas kustībā. Ņemot vērā šo fizikālo lielumu atbilstību, arī visi likumi abās kustībās ir analogi:

Translācijas un rotācijas kustību aprakstošo lielumu un vienādojumu analogija

<i>Translācijas kustība</i>	<i>Rotācijas kustība</i>
Noietais ceļš s (pārvietojums $\vec{r}$)	Pagrieziena leņķis φ
Lineārais ātrums $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$	Leņķiskais ātrums $\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$
Lineārais tangenciālais	Leņķiskais paātrinājums



paātrinājums $\vec{a}_\tau = \frac{d\vec{v}}{dt}$	$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$
Masa m	Inerces moments I
Spēks $\vec{F}$	Spēka moments $\vec{M}$
Vienmērīga kustība : $a_\tau = 0$; $s = vt$.	Vienmērīga kustība : $\varepsilon = 0$; $\varphi = \omega t$.
Vienmērīgi mainīga kustība : $a_\tau = \text{const}$; $v = v_0 \pm a_\tau t$; $s = v_0 t \pm \frac{a_\tau t^2}{2}$	Vienmērīgi mainīga kustība : $\varepsilon = \text{const}$; $\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$; $\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}$
Impulss $\vec{p} = m\vec{v}$	Impulsa moments $\vec{L} = I\vec{\omega}$
Kinētiskā enerģija $W_k = \frac{mv^2}{2}$	Kinētiskā enerģija : $W_k = \frac{I\omega^2}{2}$
Darbs $A = F_s s$	Darbs $A = M\varphi$
Jauda $N = Fv$	Jauda $N = M\omega$
Dinamikas pamatlikums $\vec{F} = m\vec{a}$ vai $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$	Dinamikas pamatlikums $\vec{M} = I\vec{\varepsilon}$ vai $\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$