

2.2. ELMÉLETI KÉRDÉSEK ÉS VÁLASZOK EGYETEMI MÉRNÖKHALLGATÓK SZÁMÁRA

(1) *Mi a mechanika tárgya?*

Anyagi rendszerek (testek) helyzetváltoztatással járó mozgásainak és az ezeket létrehozó hatásoknak (erőknek) a vizsgálata.

A helyzetváltozást általánosan értelmezzük: magában foglalja testek nyugalmi állapotát és alakváltozását is.

(2) *Adja meg általánosan a mechanikai modell definícióját!*

Olyan idealizált test, vagy testekből álló rendszer, amelynek a vizsgálat szempontjából lényeges tulajdonságait megtartjuk, a többi tulajdonságát pedig elhanyagoljuk.

(3) *Definiálja a merev test és a szilárd test fogalmát!*

Merev test: Olyan testmodell, amelyben bármely két pont távolsága állandó.

A test pontjainak távolsága terhelés hatására sem változik meg.

Szilárd test: Olyan testmodell, amely alakváltozástra képes.

A test pontjainak távolsága terhelés hatására megváltozik.

(4) *Definiálja anyagi pont és anyagi pontrendszer fogalmát!*

Anyagi pont: 1. definíció: Anyagi tulajdonságokkal rendelkező geometriai pont.

2. definíció: Olyan test modell (merev test), amelynek helyzete egyetlen pontjának helyzetével egyértelműen megadható.

Anyagi pontrendszer: Anyagi pontok halmaza (összessége).

(5) *Mi az erő (koncentrált erő) és az erőrendszer?*

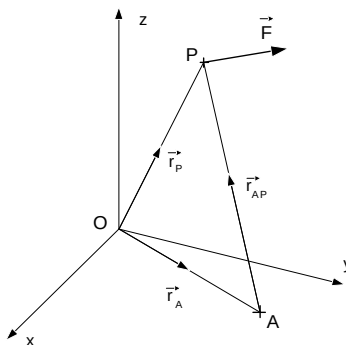
Az erő egy testnek egy másik testre gyakorolt hatása.

A koncentrált erő testek pontszerű érintkezése esetén jön létre.

Az erőrendszer valamely szempontból kapcsolatban álló – pl. ugyanarra a testre ható – erők halmaza (összessége).

(6) *Mi a nyomaték? Definiálja koncentrált erő adott pontra számított nyomatékát!*

A definícióhoz készítsen magyarázó ábrát!



A nyomaték az erő forgató hatása.
A pontra számított nyomaték vektor mennyiség.

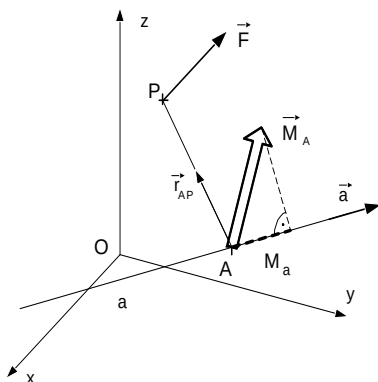
Az $\vec{F}$ erő A pontra számított nyomatéka:

$$\vec{M}_A = \vec{r}_{AP} \times \vec{F}, \text{ ahol}$$

- $\vec{M}_A$ az $\vec{F}$ erő A pontra számított nyomatéka,
- $\vec{r}_{AP}$ az A pontból a P pontba mutató helyvektor és
- P a koncentrált erő támadáspontja.

(7) Mi a nyomaték? Értelmezze koncentrált erő tengelyre számított nyomatékát!

Az értelmezéshez készítsen magyarázó ábrát!



A nyomaték az erő forgató hatása.

A tengelyre számított nyomaték skalár mennyiség.

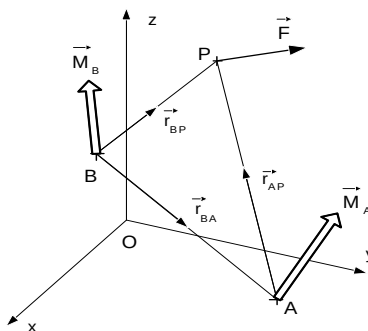
Az $\vec{F}$ erő a tengelyre számított nyomatéka:

$$M_a = \vec{M}_A \cdot \vec{e}_a, \text{ ahol}$$

- M_a az $\vec{F}$ erő a tengelyre számított nyomatéka,
- $\vec{e}_a = \vec{a}/|\vec{a}|$ az a tengely irány egységvektora,
- $\vec{M}_A$ az erőnek az a tengely A pontjára számított nyomatéka: $\vec{M}_A = \vec{r}_{AP} \times \vec{F}$

(8) Adja meg az összefüggést egy erő két pontra számított nyomatéka között!

Az értelmezéshez készítsen magyarázó ábrát!



$$\vec{M}_B = \vec{M}_A + \vec{r}_{BA} \times \vec{F},$$

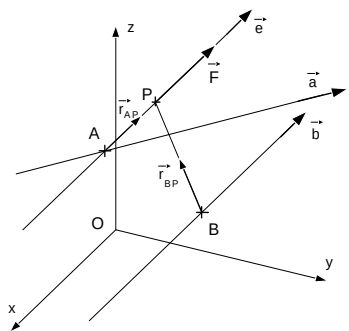
vagy

$$\vec{M}_B = \vec{M}_A + \vec{F} \times \vec{r}_{AB},$$

ahol A és B a tér két tetszőleges pontja.

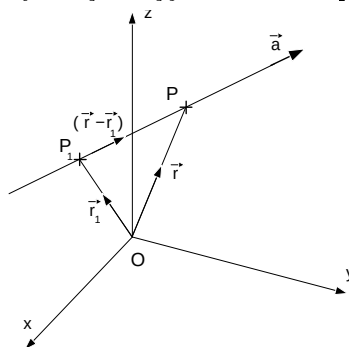
(9) Mely geometriai alakzatokra nem ad az $\vec{F}$ erő nyomatékot? Állításait igazolja!

A bizonyításokhoz készítsen magyarázó ábrát!



- Az erő hatásvonalán levő pontokra.
Bizonyítás: $\vec{M}_A = \vec{r}_{AP} \times \vec{F} = \vec{0}$, mert $\vec{r}_{AP} \parallel \vec{F}$.
- Az erő hatásvonalát metsző a tengelyre.
Bizonyítás: $M_a = \vec{M}_A \cdot \vec{e}_a = 0$, mert $\vec{M}_A = \vec{0}$.
- Az erő hatásvonalával párhuzamos b tengelyre.
Bizonyítás: $M_b = \vec{M}_B \cdot \vec{e}_b = 0$, mert $\vec{M}_B$ merőleges $\vec{e}_b = \vec{b}/|\vec{b}|$ -vel, a b tengely irány egységvektorával és $\vec{e}_b$ párhuzamos $\vec{e}$ -vel, az $\vec{F}$ erő irány egységvektorával.

(10) Magyarázó ábrával vezesse le a tengely egyenletének Plücker-vektoros alakját!
Adja meg az egyenletben szereplő mennyiségek jelentését!



- $\vec{a} \parallel (\vec{r} - \vec{r}_1)$, ezért
- $\vec{a} \times (\vec{r} - \vec{r}_1) = \vec{0}$,
- $\vec{a} \times \vec{r} - \vec{a} \times \vec{r}_1 = \vec{0}$.
- Jelölés: $\vec{b} = -\vec{a} \times \vec{r}_1 = \vec{r}_1 \times \vec{a}$
- A tengely egyenlete: $\vec{a} \times \vec{r} + \vec{b} = \vec{0}$, ahol
- $\vec{a}$ a tengely irányvektora és
- $\vec{b}$ az $\vec{a}$ irányvektor O pontra számított nyomatéka.

(11) Értelmezze általános (szétszórt) erőrendszer redukált (eredő) vektorkettőssét!
Eredő erővektor:

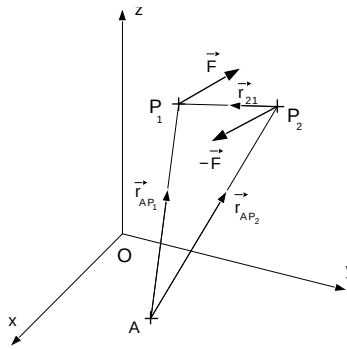
$$\vec{F}(A) = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$

Eredő nyomatékvektor:

$$\vec{M}_A = \sum_{i=1}^n (\vec{M}_i + \vec{r}_{AP_i} \times \vec{F}_i)$$

ahol: n – az erőrendszer alkotó koncentrált erők / koncentrált nyomatékok száma,
A – a tér adott pontja,
 $\vec{F}_i$ – az erőrendszer i jelű koncentrált erővektora,
 $\vec{M}_i$ – az erőrendszer i jelű koncentrált nyomatékvektora,
 $\vec{r}_{AP_i}$ – az A pontból az erő támadáspontjába mutató helyvektor.
A redukált vektorkettős nyomatéki tér vonatkozásában egyértelműen jellemzi az erőrendszert.

(12) Adja meg erőpár (koncentrált nyomaték) értelmezését, kiszámítását és legfontosabb tulajdonságát! Készítsen magyarázó ábrát!



Értelmezés: Olyan speciális erőrendszer, amely két, azonos nagyságú, ellentétes irányú és párhuzamos hatásvonalú erőből áll.

Kiszámítás:

$$\vec{M}_A = \vec{r}_{AP_1} \times \vec{F} - \vec{r}_{AP_2} \times \vec{F} = (\vec{r}_{AP_1} - \vec{r}_{AP_2}) \times \vec{F}$$

$$\vec{M}_A = \vec{r}_{21} \times \vec{F} = \vec{M}_B$$

Tulajdonság: Erőpár nyomatéka a tér bármely pontjára ugyanannyi.
Erőpár homogén nyomatéki vektorteret hoz létre.

(13) *Értelmezze két erőrendszer egyenértékűségét!*

Két erőrendszer egymással egyenértékű, ha azonos nyomatéki vektorteret hoznak létre.

Jelölés: $(E') \stackrel{M}{=} (E'')$

Az $\stackrel{M}{=}$ jel arra utal, hogy az egyenlőség a nyomatéki tér vonatkozásában áll fenn.

(14) *Adja meg két erőrendszer egyenértékűségének kritériumait!*

1. kritérium:

$$\vec{F}' = \vec{F}'', \\ \vec{M}'_A = \vec{M}''_A,$$

ahol
A a tér tetszőleges,
rögzített pontja.

2. kritérium:

$$\vec{M}'_A = \vec{M}''_A, \\ \vec{M}'_B = \vec{M}''_B, \\ \vec{M}'_C = \vec{M}''_C,$$

ahol
A, B, C három, nem egy
egyenesre eső pont.

3. kritérium:

$$M'_i = M''_i,$$

ahol
(i = 1, 2, ..., 6) egymástól
lineárisan független ten-
gely.

(15) *Adja meg az egyensúlyi erőrendszer értelmzését!*

Egy erőrendszer akkor egyensúlyi, ha zérus nyomatéki vektorteret hoz létre.

Jelölés: $(E) \stackrel{M}{=} (0)$

Az $\stackrel{M}{=}$ jel arra utal, hogy az egyenlőség a nyomatéki tér vonatkozásában áll fenn.

(16) *Adja meg egy erőrendszer egyensúlyának kritériumait!*

1. kritérium:

$$\vec{F} = \vec{0},$$

$$\vec{M}_A = \vec{0},$$

ahol

A a tér tetszőleges,
rögzített pontja.

2. kritérium:

$$\vec{M}_A = \vec{0},$$

$$\vec{M}_B = \vec{0},$$

$$\vec{M}_C = \vec{0},$$

ahol

A, B, C három, nem egy
egyenesre eső pont.

3. kritérium:

$$M_i = 0,$$

ahol

$i = 1, 2, \dots, 6$ egymástól
lineárisan független ten-
gely.

(17) *Adja meg egy erőrendszer centrális egyenesének mindkét definícióját!*

1. definíció: A centrális egyenes azon pontok mértani helye, amelyekben az erőrendszer eredő erővektora és eredő nyomatékvektora egymással párhuzamos.
2. definíció: A centrális egyenes azon pontok mértani helye, amelyekben az erőrendszer eredő nyomatékvektorának az eredő erővektorra merőleges összetevője zérus.

(18) *Írja fel erőrendszer centrális egyenesének egyenletét Plücker vektoros alakban!*

$$\vec{a} \times \vec{r} + \vec{b} = \vec{0}$$

ahol:

az egyenes futópontjának helyvektora $\vec{r}$,

az egyenes irányvektora $\vec{a} = \vec{F}$,

az irányvektor origóra számított nyomatéka $\vec{b} = \vec{M}_{O\perp} = \frac{1}{F^2} \{ \vec{F} \times (\vec{M}_O \times \vec{F}) \}$,

az erőrendszer eredő erővektora $\vec{F}$,

az erőrendszer O pontra számított eredő nyomatékvektora $\vec{M}_O$.

(19) *Adja meg a centrális egyenes origóhoz legközelebb eső C pontjának helyvektorára vonatkozó összefüggést!*

$$\vec{r}_{OC} = \frac{\vec{F} \times \vec{M}_O}{F^2}$$

ahol: $\vec{F}$ – az erőrendszer eredő erővektora,

$\vec{M}_O$ – az erőrendszer O pontra számított eredő nyomatékvektora,

F – az eredő erővektor abszolút értéke.

(20) *Mekkora az erőrendszernek a centrális egyenes P pontjaira számított nyomatékvektora?*

$$\vec{M}_P = \vec{M}_{A\parallel}$$

A centrális egyenes P pontjaira számított nyomatékvektor a tetszőleges A pontra számított nyomatékvektor centrális egyenes irányú összetevője.

(21) *Osztályozza az erőrendszereket eredő vektorkettősük alapján!*

1.a.	$\vec{F} = \vec{0}$	$\vec{M}_A = \vec{0}$	Egyensúlyi erőrendszer.
1.b.	$\vec{F} = \vec{0}$	$\vec{M}_A \neq \vec{0}$	Erőpár.
2.a.	$\vec{F} \neq \vec{0}$	$\vec{F} \cdot \vec{M}_A = 0$	Egyetlen erővel egyenértékű erőrendszer.
2.b.	$\vec{F} \neq \vec{0}$	$\vec{F} \cdot \vec{M}_A \neq 0$	Erőcsavar.

(22) *Értelmezze párhuzamos erőrendszer középpontját és adja meg a K középpontba mutató helyvektort!*

Párhuzamos erőrendszer K középpontjában az erőrendszer helyettesíthető az eredő erővektorral.

A középpont helyvektora:

$$\vec{r}_{OK} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{r}_{Oi} F_i}{\sum_{i=1}^n F_i},$$

ahol: $\vec{r}_{Oi}$ – az i jelű erő támadáspontjának helyvektora,
 F_i – az i jelű erő skalár koordinátája ($\vec{F}_i = F_i \vec{e}$),
 n – az erőrendszert alkotó erők száma.

(23) *Adja meg az S súlypont értelmezését!*

A súlypont a súlyerőrendszernek, mint párhuzamos erőrendszernek a középpontja.

(24) *Értelmezze a reciprok vektorhármast és adja meg jellemző tulajdonságát!*

Értelmezés:

$$\vec{a}_1^* = \frac{\vec{a}_2 \times \vec{a}_3}{a_o}, \quad \vec{a}_2^* = \frac{\vec{a}_3 \times \vec{a}_1}{a_o}, \quad \vec{a}_3^* = \frac{\vec{a}_1 \times \vec{a}_2}{a_o}$$

ahol: $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3$, nem egy síkba eső vektorok és
 $a_o = (\vec{a}_1 \times \vec{a}_2) \cdot \vec{a}_3 \neq 0$ az $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3$, vektorok vegyes szorzata.

Tulajdonság:

$$\vec{a}_i^* \cdot \vec{a}_j = \begin{cases} 0 & \text{ha } i \neq j \\ 1 & \text{ha } i = j \end{cases} \quad (i, j = 1, 2, 3).$$

(25) Adja meg tengelyek lineáris függetlenségének feltételét!

Az $\vec{a}_i \times \vec{r} + \vec{b}_i = \vec{0}$, $i = 1, 2, \dots, 6$ tengelyek lineárisan függetlenek, ha az $\vec{a}_i$ és $\vec{b}_i$ Plücker vektoraik koordinátáiból felírt determináns nem nulla:

$$\begin{vmatrix} a_{1x} & a_{2x} & a_{3x} & a_{4x} & a_{5x} & a_{6x} \\ a_{1y} & a_{2y} & a_{3y} & a_{4y} & a_{5y} & a_{6y} \\ a_{1z} & a_{2z} & a_{3z} & a_{4z} & a_{5z} & a_{6z} \\ b_{1x} & b_{2x} & b_{3x} & b_{4x} & b_{5x} & b_{6x} \\ b_{1y} & b_{2y} & b_{3y} & b_{4y} & b_{5y} & b_{6y} \\ b_{1z} & b_{2z} & b_{3z} & b_{4z} & b_{5z} & b_{6z} \end{vmatrix} \neq 0.$$

(26) Írja le három erő egyensúlyának feltételeit!

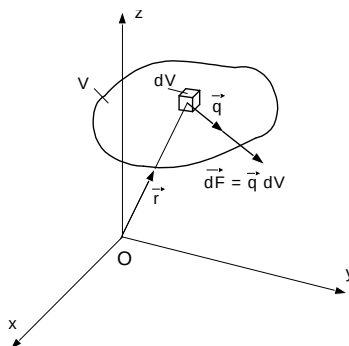
- Hatásvonalaik azonos síkba esnek és közös pontban metsződnek.
- Erővektoraik zárt vektorháromszöget alkotnak.
- A zárt vektorháromszögben a nyílfolyam folytonos.

(27) Írja le két erő egyensúlyának feltételeit!

- Hatásvonalaik azonosak.
- Nagyságuk megegyező.
- Irányuk ellentétes.

(28) Adja meg a térfogaton megoszló erőrendszer eredő vektorkettősségének kiszámítási módját!

Készítsen magyarázó ábrát és adja meg az összefüggésekben szereplő mennyiségek jelentését!



Az eredő erő: Az O pontra számított nyomaték:

$$\vec{F} = \int_{(V)} \vec{q} dV, \quad \vec{M}_O = \int_{(V)} \vec{r} \times \vec{q} dV.$$

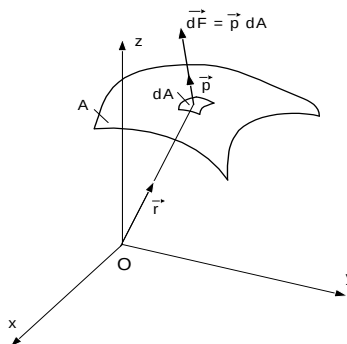
Mennyiségek jelentése:

$\vec{q}$ – a térfogaton megoszló erőrendszer sűrűségvektora,

$\vec{r}$ – az O pontból az elemi térfogathoz mutató helyvektor.

(29) Adja meg a felületen megoszló erőrendszer eredő vektorkettősségének kiszámítási módját!

Készítsen magyarázó ábrát és adja meg az összefüggésekben szereplő mennyiségek jelentését!



Az eredő erő: Az O pontra számított nyomaték:

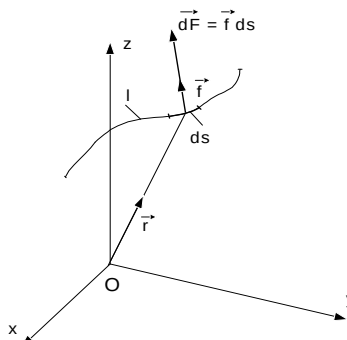
$$\vec{F} = \int_{(A)} \vec{p} dA, \quad \vec{M}_O = \int_{(A)} \vec{r} \times \vec{p} dA.$$

Mennyiségek jelentése:

$\vec{p}$ – a felületen megosztó erőrendszer sűrűségvektora,

$\vec{r}$ – az O pontból az elemi felülethez mutató helyvektor.

- (30) Adja meg a vonal mentén megosztó erőrendszer eredő vektorkettősének kiszámítási módját! Készítsen magyarázó ábrát és adja meg az összefüggésekben szereplő mennyiségek jelentését!



Az eredő erő: Az O pontra számított nyomaték:

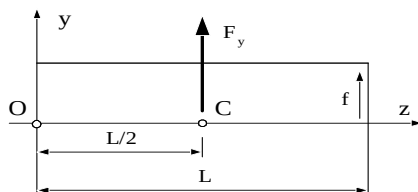
$$\vec{F} = \int_{(I)} \vec{f} ds, \quad \vec{M}_O = \int_{(I)} \vec{r} \times \vec{f} ds.$$

Mennyiségek jelentése:

$\vec{f}$ – a vonal mentén megosztó erőrendszer sűrűségvektora,

$\vec{r}$ – az O pontból az elemi vonalszakaszhoz mutató helyvektor.

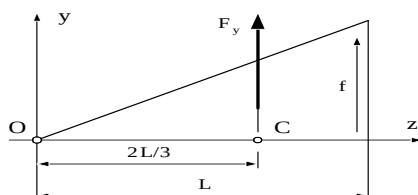
- (31) Adja meg egyenletesen megosztó vonal menti terhelés eredőjét és centrális egyenesének helyét!



Az eredő erő: $F_y = f L$,

A centrális egyenes helye: $z_C = L/2$

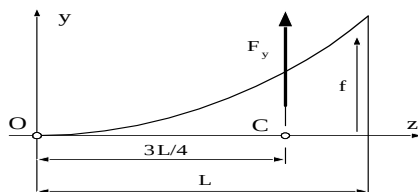
- (32) Adja meg háromszög alakú vonal menti terhelés eredőjét és centrális egyenesének helyét!



Az eredő erő: $F_y = f L/2$,

A centrális egyenes helye: $z_C = 2 L/3$

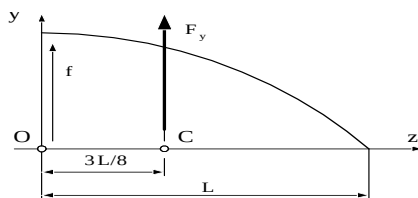
- (33) Adja meg parabola alakú vonal menti terhelés eredőjét és centrális egyenesének helyét!
 A parabola csúcsponjtában a terhelés nulla és a csúcsponjt a szakasz kezdőponjtában van.



Az eredő erő: $F_y = f L/3$,

A centrális egyenes helye: $z_C = 3 L/4$

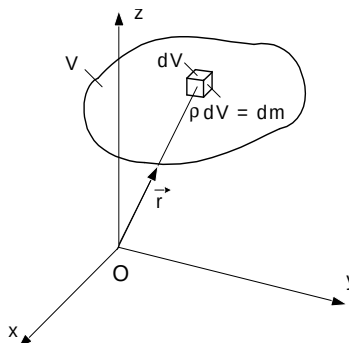
- (34) Adja meg parabola alakú vonal menti terhelés eredőjét és centrális egyenesének helyét!
 A parabola csúcsponjtában a terhelés maximális és a csúcsponjt a szakasz kezdőponjtában van.



Az eredő erő: $F_y = 2 f L/3$,

A centrális egyenes helye: $z_C = 3 L/8$

- (35) Értelmezze a test tömegét és a test O pontra számított statikai nyomatékát!
 Készítsen magyarázó ábrát!



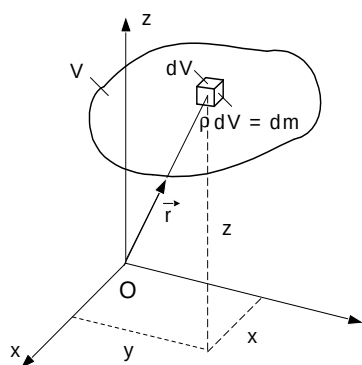
A test tömege a test tehetetlenségének mérőszáma:

$$m = \int_{(m)} dm = \int_{(V)} \rho dV.$$

A test O pontra számított statikai nyomatéka:

$$\vec{S}_O = \int_{(m)} \vec{r} dm = \int_{(V)} \vec{r} \rho dV.$$

- (36) Értelmezze a test koordináta síkokra számított statikai nyomatékát!
 Készítsen magyarázó ábrát!



A koordináta síkokra számított statikai nyomatékok:

$$S_{xy} = \int_{(m)} z \, dm = \int_{(V)} z \, \rho \, dV = \vec{S}_O \cdot \vec{e}_z,$$

$$S_{yz} = \int_{(m)} x \, dm = \int_{(V)} x \, \rho \, dV = \vec{S}_O \cdot \vec{e}_x,$$

$$S_{xz} = \int_{(m)} y \, dm = \int_{(V)} y \, \rho \, dV = \vec{S}_O \cdot \vec{e}_y,$$

ahol:

$\vec{S}_O$ – a test O pontra számított statikai nyomatéka,

$\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z$ – a síkok normális egységvektorai.

(37) Adja meg az összefüggést egy tömegpont rendszer, vagy merev test két pontra számított statikai nyomatéka között!

$$\vec{S}_B = \vec{S}_A - m\vec{r}_{AB}, \quad \text{vagy} \quad \vec{S}_B = \vec{S}_A + m\vec{r}_{BA},$$

ahol A és B a tér két tetszőleges pontja,

tömegpont rendszer esetén : $m = \sum_{i=1}^n m_i$,

merev test esetén: $m = \int_{(m)} dm = \int_{(V)} \rho \, dV$.

(38) Definiálja tömegpont rendszer, vagy merev test T tömegközéppontját és adja meg a tömegközéppont helyvektorának kiszámítási módját! Milyen esetben esik egybe a tömegközéppont a súlyponttal?

- A tömegközéppont az a pont, amelyre számított statikai nyomaték zérus.

- A tömegközéppont helyvektora: $\vec{r}_{OT} = \vec{r}_T = \frac{\vec{S}_O}{m}$,

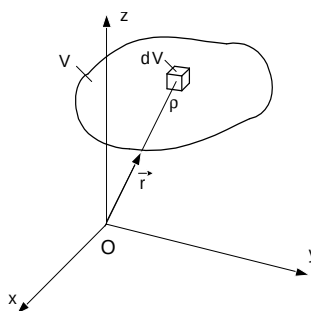
ahol O a koordináta-rendszer kezdőpontja,

m a rendszer tömege és

$\vec{S}_O$ a koordináta-rendszer kezdőpontjára számított statikai nyomaték.

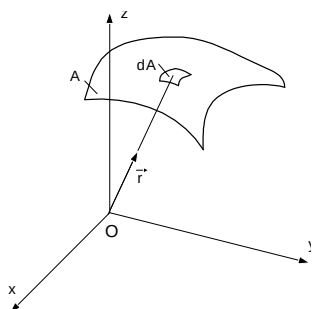
- A tömegközéppont akkor azonos a súlyponttal, ha a gravitációs gyorsulás állandó.

(39) Általánosítsa a pontra számított statikai nyomatékokat térfogatra, felületre és vonalra ábrákon történő szemléltetéssel!



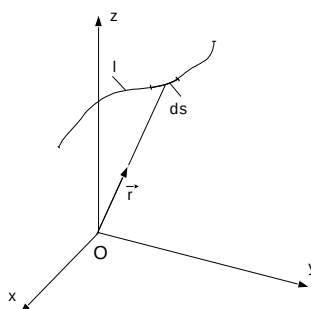
Általánosítás térfogatra:

$$\vec{S}_O = \int_{(V)} \vec{r} dV.$$



Általánosítás felületre:

$$\vec{S}_O = \int_{(A)} \vec{r} dA.$$



Általánosítás vonalra:

$$\vec{S}_O = \int_{(I)} \vec{r} ds.$$

(40) Ismertesse a homogén tömegeloszlású, szimmetrikus testek tömegközéppontjának tulajdonságait!

- Ha a testnek van szimmetriasíkja, akkor a test tömegközéppontja a szimmetriasíkba esik.
- Ha a testnek két szimmetriasíkja van, akkor a test tömegközéppontja a síkok metszéspontjába esik.
- Ha a test tengelyszimmetrikus, akkor a test tömegközéppontja a szimmetriatengelyre esik.
- Ha a test pontszimmetrikus, akkor a test tömegközéppontja egybeesik a szimmetriaponttal.

(41) *Ismertesse a statika főtételeit (merev testekből álló rendszer tartós nyugalomban maradásának szükséges feltételét)!*

Egy merev testekből álló rendszer csak akkor lehet tartós nyugalomban, ha a rá ható külső erőrendszer egyensúlyi.

(42) *Ismertesse a merev testekből álló rendszer tartós nyugalomban maradásának elégséges feltételét!*

Egy merev testekből álló rendszer tartós nyugalomban maradásának az az elégséges feltétele, hogy a rendszer megtámasztása ne tegy lehetővé a rendszer merevtestszerű mozgását.

(43) *Mi a statika feladata?*

A statika feladata merev testekből álló rendszerek esetén a támasztóerők és a belső erők meghatározása statikai egyensúlyi egyenletek felhasználásával.

(44) *Adja meg a statikailag határozott, és a statikailag határozatlan szerkezet fogalmát!*

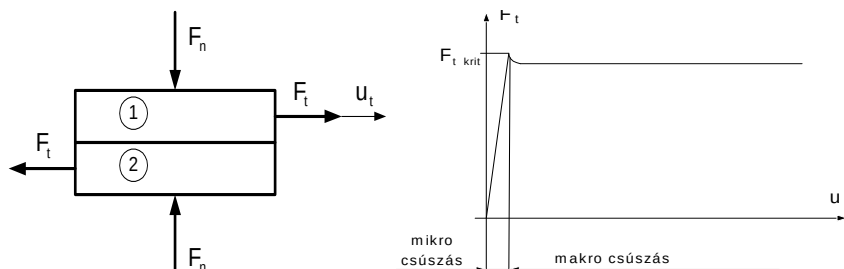
Statikailag határozott a szerkezet, ha rendelkezésre álló statikai egyenletek száma megegyezik a statikai ismeretlenek számával.

Statikailag határozatlan a szerkezet, ha rendelkezésre álló statikai egyenletek száma kisebb, mint a statikai ismeretlenek száma.

(45) *Milyen feltételek esetén érvényes a Coulomb-féle súrlódási törvény?*

- Az érintkező testek merevnek tekinthetők.
- Az érintkezés sík felületek mentén jön létre.
- A testek között nincs kenőanyag (száraz súrlódás).

(46) *Ismertesse a Coulomb-féle súrlódási törvényt ábrákon történő szemléltetéssel!*



Kísérlet: Az érintkező testeket összeszorító F_n erő állandó és a tangenciális (érintkezési síkba eső) F_t erőt fokozatosan növeljük.

Coulomb törvény: A tapasztalat szerint az érintkező testek között nagy u_t relatív elmozdulások jöhetnek létre, ha az F_t erő eléri egy kritikus értéket.

A kritikus F_t erő arányos a testeket összeszorító F_n erővel:

$$F_{tkr} = \mu_0 F_n,$$

ahol μ_0 a nyugvásbeli súrlódási tényező.

(47) *Adja meg az egyszerű és összetett szerkezet definícióját!*

Az egyszerű szerkezet egy merev testből áll.

Az összetett szerkezet több merev testből áll.

(48) *A mechanikában milyen testeket tekintünk rúdnak? Mi a rúd mechanikai modellje?*

A mechanikában rúdnak olyan testet tekintünk, amelynek egyik mérete lényegesen nagyobb, mint a másik kettő.

A rúd mechanikai modellje a rúd középvonala (súlyponti szála).

(49) *Adja meg a rácsos szerkezet definícióját!*

A rácsos szerkezet olyan rúdszerkezet, amelyben az egyes rudak végpontjai egymáshoz csuklóval kapcsolódnak és a szerkezetre csak a csuklópontokban hatnak külső (koncentrált) erők.

(50) *Adja meg a rúd keresztmetszetének és középvonalának definícióját! Milyen feltételek teljesülése esetén beszélünk prizmatikus rúdról?*

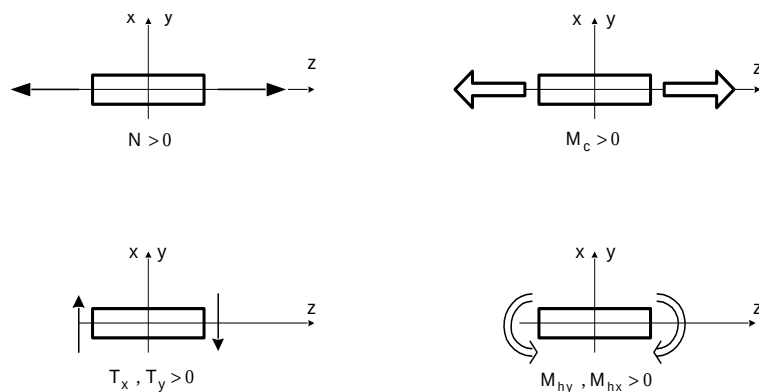
A keresztmetszet a rúd legnagyobb méretére merőleges metszet. A rúd középvonala a keresztmetszetek súlypontjai által meghatározott vonal. Egy rúd akkor prizmatikus, ha keresztmetszetei azonos alakúak és térbeli elhelyezkedésűek.

(51) *Értelmezze rúd igénybevételét! Adja meg a rúd $+z$ normálisú keresztmetszetében az $\vec{F}_S$ és $\vec{M}_S$ eredő vektorkettőt!*

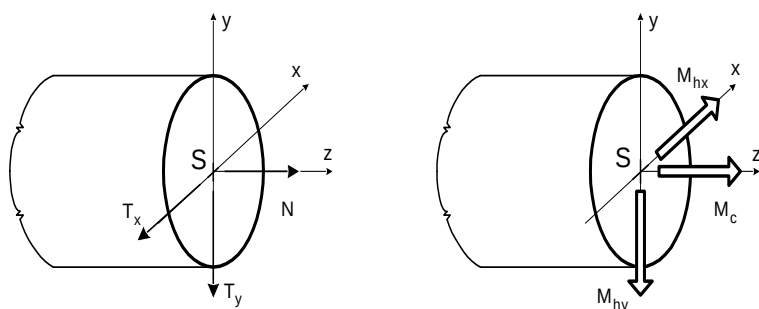
Az igénybevételek a rúd keresztmetszetén megoszló belső erőrendszer súlypontba redukált eredő vektorkettősenek skaláris koordinátái.

$$\begin{aligned}\vec{F}_s &= -T_x \vec{e}_x - T_y \vec{e}_y + N \vec{e}_z, \\ \vec{M}_s &= M_{hx} \vec{e}_x - M_{hy} \vec{e}_y + M_c \vec{e}_z.\end{aligned}$$

(52) *Szemléltesse síkbeli ábrákon az igénybevételek előjelének értelmezését!*



(53) Szemléltesse térbeli ábrákon az igénybevételek előjelének értelmezését!



(54) Írja fel az yz síkban terhelt egyenes rúd egyensúlyi egyenleteit differenciális alakban!

$$\frac{dT_y}{dz} = f_y(z), \quad \frac{dM_{hx}}{dz} = -T_y(z),$$

ahol $f_y(z)$ a megoszló terhelés sűrűsége,
 $T_y(z)$ a nyíróerő és
 $M_{hx}(z)$ a hajlítónyomaték.

(55) Írja fel az yz síkban terhelt egyenes rúd egyensúlyi egyenleteit integrál alakban!

$$T_y(z) - T_{y0} = \int_{z_0}^z f_y(\zeta) d\zeta, \quad M_{hx}(z) - M_{hx0} = - \int_{z_0}^z T_y(\zeta) d\zeta,$$

ahol $f_y(z)$ a megoszló terhelés sűrűsége,
 $T_y(z)$ és T_{y0} a nyíróerő a z , illetve a z_0 pontban,
 $M_{hx}(z)$ és M_{hx0} a hajlítónyomaték a z , illetve a z_0 pontban.

(56) *Írja le az ideális kötél tulajdonságait!*

Az ideális kötél tökéletesen hajlékony, nyújthatatlan és csak húzásra vehető igénybe, nyomóerővel szemben nincs ellenállása.

(57) *Adja meg az érdes felületen csúszó súlytalan kötél két végén fellépő kötélerő közötti kapcsolatot!*

$$N = N_0 e^{\pm \mu(\varphi - \varphi_0)} ,$$

ahol φ és φ_0 a felfekvés kezdetét és végét megadó szög.