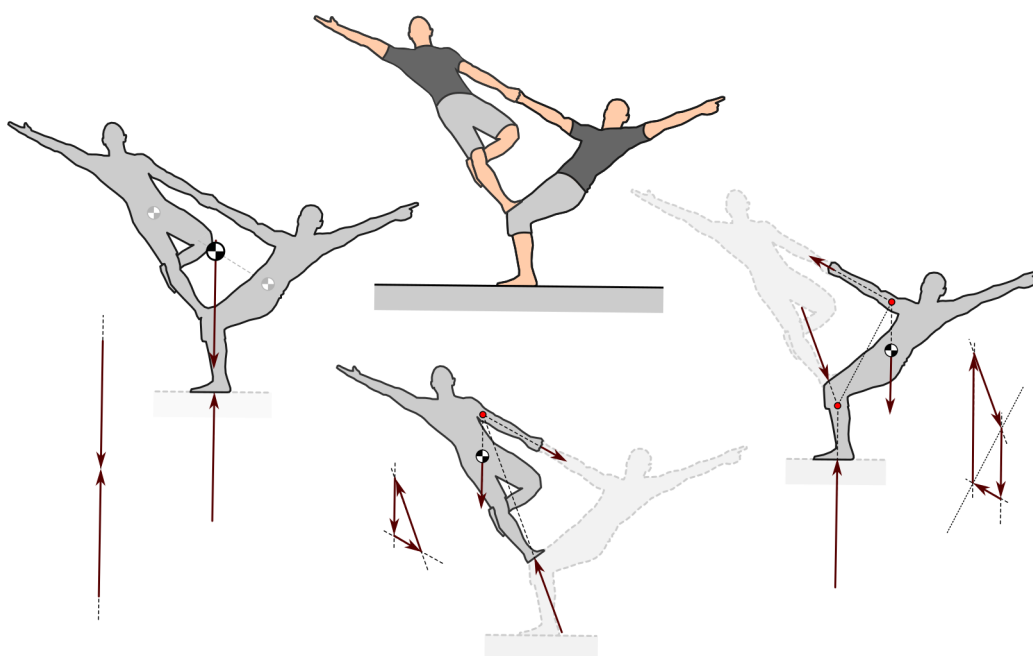


Statika

Csernák Gábor



Lektorálta:
Kossa Attila
egyetemi docens

Előszó

Ez a kiadvány a BME Gépészmérnöki Karán alapképzésben oktatott Statika tantárgy tematikájához igazodik, tehát elsősorban gépész- és mechatronikai mérnök hallgatóknak kíván segítséget nyújtani a statika alapvető összefüggéseinek és módszereinek ismertetésével. Az itt közölt ismeretanyag a BME Műszaki Mechanikai Tanszék dolgozóinak több évtizedes oktatási tapasztalata alapján alakult ki, akik folyamatosan részt vettek a tantárgy tananyagának és oktatási módszereinek fejlesztésében. Köszönettel tartozom munkatársaimnak, hogy tudásukat, tapasztalataikat megosztották velem. Különösen hálás vagyok Kossa Attila, Antali Máté és Szabó Zsolt kollégáimnak, akik számos hasznos javaslattal segítették munkámat.

A statika tudománya többféle gondolatmenet alapján is felépíthető. Az egyik szokásos megközelítés szerint a statika alaptételéből (lásd 3.3. tétel) indulnak ki, és abból vezetnek le az egyensúly feltételeit a különféle konkrét esetekre. Egy másik gondolatmenet számos, a hétköznapi tapasztalatok alapján elfogadható alapelv (axióma) kimondásán alapul, melyek felhasználásával kikövetkeztethetők a legáltalánosabb esetekre is alkalmazható törvényszerűségek. Ez a jegyzet az utóbbi megközelítéshez áll közelebb.

Az anyag felépítése során arra törekedtem, hogy az olvasóban minél előbb kialakuljon egy kép arról, hogy mivel foglalkozik a statika, és annak eredményei mire és hogyan használhatók a gyakorlatban. Ezért az első fejezet a mechanikai és statikai alapfogalmak és megoldási módszerek ismertetésével kezdődik. Az ezek illusztrálására felhozott példákban előfordul, hogy a későbbi fejezetekben tárgyalt tételekre, illetve hétköznapi tapasztalatokra hivatkozom, mert reményeim szerint így jobban megérthető a legalapvetőbb tételek, definíciók és alapelvek gyakorlati jelentősége. A statika alapelveinek kimondása (1.6. fejezet) után viszont egy matematikailag szigorúbb tárgyalásmód kerül előtérbe.

A tananyag befogadását rövid feladatok kidolgozásával próbáltam megkönnyíteni. Bár ezek segíthetik a leírtak megértését, az elmélet megfelelő mélységű elsajátításához elengedhetetlennek tartom az önálló feladatmegoldás gyakorlását, amihez az [1] példatárat javaslom. A szöveg jobb tagolása érdekében a tételek, következmények, példák végét a ♠, míg a definíciók és megjegyzések végét a ♣ szimbólum jelzi.

Bízom abban, hogy mind a hallgatók, mind az esetleg érdeklődő szakemberek haszonnal forgatják majd ezt a könyvet.

Budapest, 2023. szeptember

Csernák Gábor

Tartalomjegyzék

Előszó	III
Tartalomjegyzék	VII
1. Statikai alapfogalmak	1
1.1. Bevezetés	1
1.2. A mechanika egy lehetséges felosztása	3
1.3. Modellek	8
1.3.1. A modell fogalma	8
1.3.2. Mechanikai modellek	10
1.4. Az erő	12
1.4.1. Terhelési (erő) modellek	13
1.4.2. Az erő, mint vektor	15
1.5. A statikai feladatok megoldási módszerei és az erő megadása	19
1.5.1. Az erő geometriai megadása	20
1.5.2. Az erő megadása koordinátákkal	21
1.5.3. Szabadtest-ábrák	25
1.6. A statika alapelvei	28
1.6.1. Közös támadáspontú erők eredője	29
1.6.2. Két, ugyanarra a merev testre ható erő egyensúlya	32
1.6.3. Egyensúlyi erőrendszer hozzáadása vagy elvétele	32
1.6.4. Három, ugyanarra a merev testre ható erő egyensúlya	34
1.6.5. A hatás-ellenhatás törvénye	36
1.6.6. A helyettesíthetőség (megmerevítés) elve	38
1.6.7. Az erópárok egyenértékűségének elve	40
1.7. Kényszerek	41
1.7.1. A kényszer fogalma	41
1.7.2. Támasztás, görgős támasz	43
1.7.3. Síkcukló	44
1.7.4. Gömbcsukló	46
1.7.5. Kötél	46
1.7.6. Befogás	47
1.7.7. Csúszka	48
1.7.8. Kétcuklós kényszer	49
2. Síkbeli erőrendszerek	51
2.1. Két párhuzamos erő eredője	52
2.1.1. Azonos értelmű erők	52

2.1.2.	Ellentétes értelmű erők eredője	56
2.1.3.	Az erőpár	58
2.2.	Erő tengelyre számított nyomatéka	59
2.3.	Az erőpár tulajdonságai	63
2.3.1.	Az erőpár nyomatéka	63
2.3.2.	Koncentrált erőpár	66
2.4.	Közös síkú erők és erőpárok eredője	66
2.5.	Koncentrált erő áthelyezése másik hatásvonalra, és az erőrendszer redukálása	69
2.6.	Síkbeli erőrendszer egyensúlya	73
2.7.	Erő felbontása három, vele egy síkba eső komponensre	75
2.7.1.	Ritter-féle számító eljárás	77
2.7.2.	Culmann-féle szerkesztő eljárás	79
3.	Térbeli erőrendszerek eredője és egyensúlya	83
3.1.	Erő pontra számított nyomatéka	83
3.2.	Kapcsolat a pontra és tengelyre számított nyomatékok között	87
3.3.	Térbeli erőrendszer redukálása	89
3.4.	Vektorkettősök	92
3.5.	A statika alaptétele	93
3.6.	Erőrendszerek osztályozása vektorkettősük alapján	94
3.7.	Megoszló erőrendszerek, súlypont	98
3.7.1.	Párhuzamos erőrendszer középpontja	98
3.7.2.	Súlypont	103
3.7.3.	Vonal mentén megoszló párhuzamos erőrendszer eredője	112
4.	Szerkezetek statikája	115
4.1.	Szabadsági fok	115
4.1.1.	A szabadsági fok fogalma	115
4.1.2.	A szabadsági fok és az egyensúlyi egyenletek kapcsolata	117
4.1.3.	Statikai határozottság	118
4.1.4.	A kényszererő-rendszer elemeinek jelölése	123
4.2.	Rácsos szerkezetek	126
4.2.1.	A rácsos szerkezetek tulajdonságai	126
4.2.2.	Csomóponti módszer	129
4.2.3.	Átmetsző módszer	132
4.2.4.	A rácsos szerkezetek előnyei és hátrányai	135
4.3.	Síkbeli csuklós szerkezetek	135
4.3.1.	Bakállvány csuklóiban ébredő erők meghatározása	136
4.3.2.	A reakciók meghatározása a szuperpozíció elv alapján	141
4.3.3.	Gerber-tartó	143
4.4.	Példák	144
5.	Rudak igénybevételei	149
5.1.	A testekben ébredő belső erőrendszer	149
5.2.	A rudak geometriai leírása	152
5.3.	Az igénybevétel fogalma	153
5.4.	Igénybevételi függvények és igénybevételi ábrák	158
5.5.	Kapcsolatok az igénybevételi függvények között	163

5.6. Törtvonalú és síkgörbe rudak igénybevételei	176
6. Keresztmetszetek nyomatékai	181
6.1. A nyomaték fogalmának általánosítása	181
6.2. Elsőrendű nyomatékok	183
6.3. Másodrendű nyomatékok	185
6.3.1. Tengelyre és tengelypárra számított másodrendű nyomatékok	185
6.3.2. Poláris másodrendű nyomaték	190
6.4. Steiner-tétel	191
6.5. Másodrendű nyomatékok elforgatott tengelyek esetén	197
6.6. Főmásodrendű nyomatékok, főirányok	201
6.6.1. A főmásodrendű nyomatékok meghatározása Mohr-féle kördiagrammal	201
6.6.2. Főmásodrendű nyomatékok sajátérték-sajátvektor számításal	203
7. Feltételes kényszerek: tapadási súrlódás	209
7.1. A feltételes kényszerek értelmezése	209
7.2. A Coulomb-súrlódás alapmodellje	209
7.3. Súrlódás több pontszerű érintkezés mellett	217
7.4. Merev testek gördülése	219
7.5. Gördülési ellenállás, indítási nyomaték	220
7.6. A tapadási és csúszási súrlódás összehasonlítása	221
7.7. Kötélsúrlódás	222
7.8. Csapsúrlódás	226
8. Függelék	231
8.1. Matematikai alapok – mátrixok és vektorok között értelmezett szorzások	231
8.2. Néhány homogén test és síkidom súlypontjának számítása	235
8.2.1. Negyedkörcikk alakú lemez súlypontja	235
8.2.2. Negyedkörív alakú rúd súlypontja	236
8.2.3. Félgömb súlypontja	237
8.2.4. Kúp súlypontja	237
8.3. Síkidomok másodrendű nyomatékai	239
8.4. A legfontosabb szakkifejezések angol megfelelői	240