

DINAMIKA SEGÉDLET

GÉPÉSZMÉRNÖK HALLGATÓK SZÁMÁRA

IKKNEK SZÓL A DINAMIKA SEGÉDLET?

Jelen oktatási segédanyag elsősorban a nappali tagozatos, a mérnökképzés első ciklusában részt vevő gépészmérnök hallgatóknak szól. Interneten elérhető, módosítható és bővíthető oktatási adatbázissal szeretnénk segíteni nekik megszeretni és elsajátítani a **Dinamika** c. tárgyat.

A segédanyag hasznos lehet más képzési struktúrában tanuló, a mérnöki pályára készülő fiataloknak, átképzésben, továbbképzésben, távoktatásban részt vevők, vagy gyakorló mérnökök számára is.

A példatár a Korszerű Mérnökért Alapítvány támogatásával készült a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Karán. A Műszaki Mechanikai Tanszéken az utóbbi 10-15 évben feldolgozott példaanyagából tartalmaz válogatást. A példák egy részét az ábrákon, képeken kívül animációk és videók illusztrálják. Élni kívánunk a multimédia eszközeivel és az internetes adatbázis azon tulajdonságával, hogy bármikor kiegészíthető és bővíthető a meglévő anyag. A jelenleg meglévő multimédiás illusztrációkat továbbiak fogják követni.

A DINAMIKA HELYE, SZEREPE A MÉRNÖKI TUDOMÁNYOKBAN ÉS A MÉRNÖKI GYAKORLATBAN

A mechanika a fizika egyik legrégebbi, ugyanakkor modern, állandóan fejlődő és szerteágazó része. Alkalmazásorientált, a mérnöki tudományok egyik alappillére. Ugyanakkor alapos elméleti háttérrel és erős matematikai ismereteket igényel. Számos más tudománnyal kapcsolódik össze: géptervezés, áramlástan, hőtan, szabályozásteória, elektrotechnika, elektronika, biológia, anyagtudomány, automatizálás, numerikus matematika, alkalmazott informatika stb.

Régi és modern, elmélet és gyakorlat, egzakt tudomány és határterületi alkalmazott tudomány egyszerre – ennek a széles skálán jellemezhető alaptantárgynak, a mechanikának a fontossága a gépészmérnök képzésben vitathatatlan.

A **Dinamika** c. tárgy tanulásának azonban érdemjegyekben kifejezett eredményessége nem áll arányban a tárgy jelentőségével: a mechanika nehéznek számít a hallgatók körében, ezért gyengébb teljesítménnyel is megelégszenek.

A mérnöki munka megbízhatósága viszont nagymértékben függ a jól elsajátított alapismeretektől. Csak olyan ember tudja felelősséggel ellátni a munkáját, aki a szakterületét minden összefüggésében megértette és átlátja, így fel tudja mérni, hogy új projektek, új technológiai

fejlesztések esetén milyen feltételek mellett alkalmazható az elmélet, a modell, a számítási módszer. Az egyetemi diplomás mérnöki végzettségnek mindenekelőtt megbízható alaptudást és gondolkodási képességet kell biztosítania elsősorban azért, hogy vállalható legyen a mérnöki munka termékeinek biztonságossága iránti felelősség. Másodsorban pedig azért, mert a szakmai pályafutás során szükséges folyamatos továbbképzés csak szilárd alaptudás talaján állva lehetséges.

A mechanika, és ezen belül különösen a **Dinamika**, kiválóan alkalmas a leendő mérnökök kombinatív képességeinek fejlesztésére a példa és feladat megoldások során, ahol viszonylag kevés szabály és tárgyi ismeret sokféle, változatos illesztésére és alkalmazására van szükség.

HOGYAN HASZNÁLJUK EZT A SEGÉDLETET?

Módszertani útmutató a Dinamika segédlet használatához és a Dinamika c. tárgy sikeres elsajátításához

A segédanyag nem helyettesíteni akarja az egyetemi előadások, gyakorlatok, konzultációk élő, személyes kontaktuson alapuló ismeretszerzési folyamatát, hanem azt kiegészíteni és elmélyíteni szeretné.

A segédanyag a tárgy témakörei szerint, az előadás és gyakorlatok anyagát követve épül fel. Az egységek alapvetően a tananyag heti bontását követik, de esetenként lehetnek annál bővebbek, tartalmazhatnak kitérőket, a témához kapcsolódó érdekességeket, más tárgyakkal összefüggésbe hozható vonatkozásokat.

A tananyag heti bontása, a témakörök felépítése és sorrendje nagyjából megfelel a tárgy szakiradalomban is szokásos fejezetekre bontásának. Ez hozzájárul ahhoz, hogy a példagyűjteményt az elsődleges célcsoporton, a nappali tagozatos gépészmérnök hallgatókon kívül mások is nehézség nélkül használhassák.

Néhány szempontot, ötletet szeretnénk adni az eredményes tanulási módszer kialakításához.

Technikailag két alappilléren nyugszik a Dinamika c. tárgyban foglalt ismeretek elsajátítása.

Az egyik alappillér a kontaktórákon (előadás, gyakorlat, konzultáció) való aktív részvétel. Ez megadja a keretet, a fogalmakat, eligazít, hogy mit milyen célból tárgyalunk, honnan indulunk és hova szeretnénk eljutni. Tágabb összefüggésbe helyezi az éppen sorra kerülő témakört, miközben példákon keresztül bemutatja az alkalmazás módját és lehetőségeit.

Az új anyag meghallgatásakor az embernek gyakran az a benyomása, hogy mindent maradéktalanul megértett. Aztán amikor arra kerül a sor, hogy egy feladatot önállóan kell megoldani, akkor derül ki, hogy egyáltalán nem látjuk át az összefüggéseket. Nem azért, mert buták vagyunk, hanem azért, mert ennek a dolognak ez a természete. Ezért a tanulási folyamat lényeges alkotóeleme az előadás anyagának utólagos, önálló feldolgozása a saját jegyzetünk, tankönyvek és esetleges személyes konzultáció alapján. Első ökölszabály: soha ne ülünk be úgy előadásra, hogy nem értettük meg az előzőleg elhangzottakat.

Megjegyzendő, hogy mint minden ismeretanyag, a **Dinamika** is elsajátítható autodidakta módon, könyvek, jegyzetek, példatárak segítségével. Az alább megadott szakirodalmi jegyzék bőven tartalmaz önálló tanulásra alkalmas műveket. Ezekhez példatárként nagyon hasznos segítség lehet a jelen segédanyag.

A tapasztalat azonban azt mutatja, hogy az emberek többsége ezzel a témával nehezebben boldogul egyedül, szükség van a személyes jelenlétre, az együtt írásra és együtt gondolkodásra. Ezért javasoljuk, hogy elsősorban a reguláris oktatási struktúrán belül próbáljuk meg elsajátítani a **Dinamikát**.

A másik alappillér az **önálló feladatmegoldás**. A tartalmi és formai összefüggések felismerése, azok alkalmazási szinten való elsajátítása nem képzelhető el rendszeresen és önállóan elvégzett feladatmegoldás nélkül.

A javasolt módszer a következő:

1. Magunk elé tesszük a feladat kitűzését, de a megoldás menetét nem. Végiggondoljuk, kijegyzeteljük a témakörhöz szükséges fogalmakat, tételeket, módszereket. Tudatosítjuk, hogy mi a kiindulás, mi a cél, mit, miért és miért úgy kell csinálni, és csak ezután lássunk neki a *hogyan*-nak: feladat megoldásának. Ha megakadunk, akkor nézzünk bele a megoldás meglévő menetébe, de csak annyira, amennyi az adott holtpontra továbbsegít.
2. Végül értelmezzük a kapott eredményeket, elemezzük az egyes paraméterek vagy kikötések megváltoztatásának a következményeit. Ezután tisztázzuk le magunknak az egészet, az egyes lépéseket lássuk el megjegyzésekkel, utalásokkal.
3. Numerikus értékeket a levezetések lehető legkésőbbi fázisban helyettesítsünk be. Ha nem így járunk el, akkor nagyon hamar elveszítjük a megoldási utat, nehezebb az esetleges hibákat megtalálni, nem látszik a lényeg, és nem látszik, hogy a probléma hogyan függ az adatoktól, a feltételektől.

Jelen példagyűjtemény bőségesen tartalmaz a tananyag teljes feldolgozására alkalmas feladatokat, a legtöbb esetben a részletes, néhol többféle megoldási út bemutatásával. A módszer lényege tehát a **mit, miért és hogyan** hármasság és fel nem cserélhető sorrendje. Ezek után képesek leszünk olyan feladatokat is megoldani, amelyeknek sem a végeredménye, sem a megoldás menete nincs megadva. Így jutunk el oda, hogy valódi problémákat is meg fogunk tudni oldani.

Második ökölszabály: soha ne úgy készüljünk zárhelyire vagy vizsgára, hogy úgy „oldunk meg” feladatokat, hogy nyomon követünk egy meglévő megoldást. Ezzel a módszerrel nagyon keveset lehet profitálni, a ráfordított idő is elvesztegetett időnek fog bizonyulni, mihelyt kicsit másképp van feltéve a kérdés, mint az átnézett feladatokban.

Az önálló feladatmegoldás egy nagyon lényeges részéről ritkán esik szó. Ez a kidolgozott feladatok letisztázása, dokumentálása. Az oktatásban a kötelezően elkészítendő és beadandó házi feladatok ennek a jelentőségére próbálják rávezetni a hallgatókat.

Mint ahogy a mindenkori elvégzett munka dokumentálása a **mérnöki tevékenység** szerves részét képezi, ugyanúgy tartozik hozzá a mérnöki tanulmányokhoz a feladatok megoldásának **dokumentálása**.

Az elvégzett munkáról készült dokumentum célja többféle lehet, például:

1. További felhasználásra, partnercégek, kollégák számára készül, akiknek a dokumentáció kiindulásul szolgál. Ők az abban leírtakra építik munkájukat.
Nyilvánvaló, hogy a leírtaknak áttekinthetőnek, érthetőnek kell lennie olyanok számára, akik a leírtakból szeretnék megérteni a gondolatmenetet, a kiindulást és a célt, a felhasznált módszer lényegét, az eredmény használhatóságát.
2. Főnök, menedzser, minisztérium számára az elvégzett munka bemutatása, döntéselőkészítéshez, döntéshozatalhoz információ szolgáltatása, valamely intézkedés megtételéhez vagy éppenséggel megakadályozásához szakértői vélemény összefoglalása.
Nyilvánvaló, hogy az alkalmazott módszerek logikus indoklása, a számítások által kapott eredmények tömör, de érthető kiértékelése alapvető követelmény.
3. A vállalatok, cégek működéséhez szükséges források előteremtése leginkább pályázati rendszerben történik. A pályázati dossziék összeállítása, az űrlapok kitöltése, a mellékletek elkészítése nagyon fegyelmezett, összeszedett munkát igényel. A tartalmi és formai követelmények teljesítését a bíráló bizottságok nagyon komolyan veszik, a legkisebb formai hiányosság a pályázat visszautasítását vonja maga után.
Nyilvánvaló, hogy a precizitás életbevágó követelmény. Határidőtúllépés szóba sem jöhet.
4. Aki később tudományos munkát fog végezni, annak a mindennapjaihoz fog tartozni publikációk, előadások szövegének megírása.
Nyilvánvaló, hogy az elvégzett tudományos munka értékelhetősége összhangban áll a bemutatás minőségével.

A házi feladatok kidolgozása ezen későbbi helyzeteknek a modellje.

Az elvégzett munka dokumentálására fordított idő és munkamennyiség nem ritkán a tényleges munka elvégzéséhez szükséges idő nagyságrendjébe esik, ez hozzá tartozik a munkához.

A házi feladatok megfelelő szempontok szerinti elkészítését azért kérjük a hallgatóktól, hogy a leendő mérnökök hozzászokjanak ehhez, és a majdani munkájukhoz, esetleges tudományos tevékenységükhöz, pályázatok, tenderek, jelentések megírásához, műszaki dokumentációk elkészítéséhez megszerezzék a kellő képességeket és gyakorlatot.

Érdemes elgondolkodni azon is, hogy az ember kezéből kiadott munka tartalma és formai megjelenése minősíti a munkát elvégző személyt. Azt szeretnénk, hogy hallgatóink nemcsak jó szakemberek legyenek, hanem minden más téren is, önmagukkal szemben is, igényes emberekké váljanak.

A **Dinamika** c. tárgy sikeres elsajátításának két technikai alappillére tehát a kontaktórákon való aktív részvétel, és az önálló feladatmegoldás.

A mechanikai ismeretek és a gondolkodásmód elsajátításának sikere nagymértékben függ azonban attól is, hogy mennyire igyekszünk folyamatosan építkezni.

Az egyes tantárgyak, szakterületek jellege különböző lehet a szerint is, hogy milyen módon lehet őket elsajátítani. Nem arra a szubjektív megközelítésre gondolunk, hogy mennyire nehéz vagy nem nehéz egyik vagy másik. Amit még nem tudunk, azt rendszerint nehéznek ítéljük.

A **Dinamikában** viszonylag kevés fogalom és tétel szerepel, viszont az összefüggések megértéséhez, és az alkalmazási készség megszerzéséhez időre van szükség, érlelődési és ülepedési időre. Újra és újra elő kell venni ugyanazt. A **Dinamikát** nem lehet egy ültő helyben, a vizsga előtti egy-két nap alatt elsajátítani.

Az is jellemző a **Dinamikára**, hogy az a viszonylag kevés fogalom és tétel úgy épül egymásra, mint egy épület emeletei. Nem vízszintesen, hanem függőlegesen. Egy sorház esetében meg lehet tenni, hogy először felépítik a két szélső lakást, majd később a középsőt. Senkinek sem jutna viszont eszébe egy emeletes ház második emeleti lakását úgy megépíteni, hogy előbb ne állna szilárdan az összes alatta levő szint, az alappal kezdve.

A Dinamika az emeletes házhoz hasonlít. A sorrend nem mindegy. Ezért a **Dinamika** c. tárgyban foglalt ismeretek elsajátításának egyik leglényegesebb eleme a **folyamatosság**. Hogy időnként kihagyunk egy-egy előadást vagy gyakorlatot, önmagában nem baj. Feltéve, ha haladéktalanul pótoljuk a mulasztottakat, lásd első ökölszabály: soha ne ülünk be úgy előadásra, hogy nem értettük meg az előzőleg elhangzottakat.

A fenti jó tanácsok, módszertani ötletek maximalistának, túlzónak tűnnek? Vajon hány olyan hallgató van bármely műszaki egyetem gépészmérnöki karán, aki mindig bejár az órákra, figyel, jegyzetel, mulasztásait pótolja, óráról órára készül, kérdéseit összegyűjti és tanárainak felteszi, rendszeresen feladatokat dolgoz ki, azokat mintaszerűen dokumentálja? Valószínűleg kevés ilyen hallgató van. De hogy ez a kevés számú hallgató örömét leli tanulmányi munkájában, az biztos. Hogy ezek a hallgatók szeretettel készülnek választott hivatásukra, az is biztos. Az örömmel végzett tevékenység mindig hatékonyabb, mint a nyögve nyelősen, kényszeredetten, öröm, szeretet és lelkesedés nélkül jól-rosszul elvégzett munka.

A fenti jó tanácsok, módszertani ötletek valóban az ideális hallgatóra vannak szabva. Ezért nem is várható el mindenkitől, hogy maradéktalanul kövesse ezeket. Elég, ha tudatosítjuk magunkban, hogy amilyen mértékig törekszünk hozzáállásunkat, munkamódszerünket közelíteni ezekhez az ideális elképzelésekhez, olyan mértékben fogjuk megérteni az összefüggéseket, felfedezni a **Dinamika** szépségeit. Ez felkelti az érdeklődést, fokozza a motivációt, lelkierőt és újabb lendületet ad. Ha egyszer csak azon vesszük észre magunkat, hogy egyik-másik fenti jó tanácsot vagy ötletet már nem is találjuk olyan irreálisnak, akkor tudhatjuk, hogy rátaláltunk a helyes ösvényre.

ELŐTANULMÁNYOK

Milyen előismeretek szükségesek a Dinamika c. tárgy követéséhez, illetve a Dinamika segédlet használatához?

A Statika c. tárgyban megismert alábbi fogalmakra van szükség:

Koncentrált erő, erőpár nyomatéka, merev testre ható erők rendszere, erőrendszerek redukálása, erőrendszerek osztályozása a redukált vektorkettős alapján, kényszerkapcsolatok mechanikai rendszer tagjai között, szerkezet részekre bontása, egyensúlyi egyenletek, Coulomb súrlódás, gördülési ellenállás.

Könnyebb megérteni a Dinamika egyes fejezeteit és előrehaladni benne, ha tisztában vagyunk a Szilárdságtan c. tárgyban megismert következő fogalmakkal:

Feszültségi állapot, feszültségi tenzor és mátrix, feszültségi főirányok, főfeszültségek.

Matematikából szükség van a következőkre:

Vektorokkal való számolás (abszolút érték, vetület, skaláris szorzat, vektoriális szorzat, vegyes szorzat), vektor-skalár függvények, térgörbék (kísérő triéder, deriválás), trigonometria (sin, cos fogalma, néhány azonosság).

Algebrából a következő fogalmakat használjuk: lineáris algebrai egyenletrendszerek (determináns, mátrixinvertálás, Cramer szabály, főtengetytranszformáció, sajátérték, sajátvektor)

Analízisből: elemi függvények és tulajdonságai, elemi deriválási szabályok (összetett függvény, szorzatfüggvény deriválása).

Az a tapasztalat, hogy vannak olyan gépészmérnök hallgatók, akiket az akadályoz a Dinamika c. tárgyban való előrehaladásban, hogy hiányosak a szükséges előismeretei. Azért nem tudnak az igazi mondanivalóra koncentrálni, mert állandóan fennakadnak a matematikai formalizmuson. A matematika nem választható el sem a **Dinamikától**, sem a fizikától, semmilyen természettudománytól. Nyelv, amin beszéljük ezt a tárgyat. Richard Feynman Nobel díjas amerikai fizikus professzor azt mondta: „Úgy tűnik, a Nagy Építőmester matematikus volt. És ezért nehéz a természet valódi, legmélyebb szépségeinek átérzését megosztani olyanokkal, akik nem beszélnek elég jól a matematika nyelvét”.¹

Az ember idegenkedik a legtöbb dologtól, amit nem ért, nem ismer, nem tud. Mihelyt megszeli a félséget, megtanulunk bánni vele, már nem utálatos idegen többé, hanem jó barát. A matematika barát, segédeszköz a mérnök számára.

Jobban járunk tehát, ha megbarátkozunk a matematikával. Jelen segédanyag közreadásával szeretnénk azt a célt is szolgálni, hogy miközben eszközként felhasználjuk a matematikát a mechanikában, a matematikai fogalmak és tételek tartalommal teljenek meg, a hallgató fedezze fel, hogy „mire jók”, vegye észre, hogy a mérnöki problémák kapcsán értelmes egységgé áll össze a fizikai világ a mechanikai törvényekkel és azok nyelvezetével, a matematikával.

A DINAMIKA C. TÁRGYHOZ AJÁNLOTT IRODALOM:

Magyar nyelven:

1. Béda-Bezák: Kinematika és dinamika. Műegyetemi Kiadó 44 562 és Tankönyvkiadó, 1991.
2. Csizmadia-Nándori: Mozgástan. Nemzeti Tankönyvkiadó, 1997.
3. Bezák-Vörös: Dinamika Példatár I. Műegyetemi Kiadó 40 928
4. Ludvig: Dinamika Példatár II. Műegyetemi Kiadó 41 040

Idegen nyelven:

1. Hauger-Schnell-Gross: Technische Mechanik Band 3, Kinetik, Springer Lehrbuch
2. Hauger-Lippmann-Mannl: Aufgaben zu Technische Mechanik, 1-3, Springer Lehrbuch
3. G. Knappstein: Kinematik und Kinetik, Verlag Harri Deutsch
4. Eduard Pestel: Technische Mechanik Band 3: Kinematik und Kinetik, Wissenschaftsverlag, 1988.
5. J.L. Meriam: Dynamics. John Wiley and Sons. 1975
6. J.L. Meriam, L.G. Kraige: Engineering Mechanics, Dynamics. John Wiley and Sons. 2003.

¹ Elhangzott Richard Feynmannak a Cornell egyetemen 1964-ben tartott előadássorozatából, *A Matematika és a fizika* kapcsolata című második előadásban.

Az előadássorozat a *Mindentudás Egyeteme* elődjének tekinthető.

Megjelent magyarul: R.F.: A fizikai törvények jellege, Magvető Kiadó, Budapest, 1983