

Az ÁRAMLÁSTAN ALAPJAI (2008) tankönyv használata

Ez a füzet az **Áramlástan alapjai** tankönyv **4. kiadása** használatához ad segítséget. A táblázat első három oszlopa, fejezet, lecke és pont bontásban, az oldalszámok megadásával felsorolja a tankönyv tananyagát. A negyedik oszlopban az adott tananyagok tanulása közben megoldandó feladatokat tüntettük fel. Ezek közül a K, KZ, T és TZ jelű feladatokat a tankönyv tartalmazza, a P-vel jelölt feladatok a DVD mellékletben leckénként csoportosított számpéldák: pl. P.3.4.2. a 3 fejezet 4. leckéhez tartozó 2. feladat. Minden lecke címe mellett megadjuk a DVD mellékletben az adott leckéhez tartozó számpéldák (F), videók és PowerPoint prezentációk (V) számát (pl. M: 3F + 2V).

A táblázat ötödik oszlopban leckénként és pontonként B5 és B3 jelzéssel adjuk meg, hogy az Áramlástan tantárgyat B.Sc. képzésben eltérő idő- és munkaráfordítással (rendre 5 vagy 2-3 kredit) tanuló hallgatói csoportoknak mely tananyagrészeket kell megtanulniuk. A tantárgyak előadói a táblázatban szereplőkön kívül egyéb tananyag részeket is előírhatnak (pl. előadják azokat), másokat pedig törölhetnek. A Gépészmérnöki mesterszak hallgatói által elsajátítandó tananyagrészeket M-mel jelöltük. (Esetükben feltételezzük a B5 tananyag ismeretét, ezért csak az ezen túlnyúló tananyagokat jelöljük meg.) Vannak olyan választható tantárgyak (pl. Járműáramlástan vagy Épület aerodinamika, jelük J és É), amelyek az áramlástan egyes műszaki területeken való alkalmazásával foglalkoznak, és amelyeknél a tankönyv az áramlástant kevésbé ismerő hallgatók ismereteinek szükséges megalapozását szolgáló anyagrészekben külön lecké(k)ben foglalkozik az adott tantárgy törzsanyagával is.

A tantárgyak és betűjelzésük:

KAR	SZINT	SZAK, TANTÁRGY	JEL
Gépészmérnöki	B.Sc. 5 kredit	gépészmérnöki, energetikai mérnöki alapszak	B5
Gépészmérnöki Vegyészmérnöki	B.Sc. 2, 3 kredit	mechatronikai mérnöki alapszak, ipari termék- és formatervező, környezetmérnöki alapszak	B3
Természettudományi	B.Sc.	mérnök fizikus	F
Gépészmérnöki	M.Sc.	Hő- és áramlástan	M
Gépészmérnöki	Választható tantárgyak	Járműáramlástan Épület aerodinamika	J É

A tankönyv és melléklete lehetővé teszi a tananyag tanár által segített, alapvetően önálló munkával történő elsajátítását. Ennél a tanulási módnál is akkor ér el legjobb eredményt, ha időt hagy a tanultak "leülepedésére", tudásának megszilárdulására. Ezért javasoljuk, hogy – tekintettel a tananyag és a tantárgy jelentőségére, valamint a tankönyv és melléklete módszertani sajátosságaira – a teljes szemesztert használja ki az áramlástan elsajátítására: legalább heti rendszerességgel tanuljon néhány órát. Biztos vagyok benne, hogy az első időszak nehézségei után örömet talál a tanulásban, és a megszerzett ismeretek és készségek nagyban hozzájárulnak mérnöki pályájának sikeréhez.

Budapest 2009. január

Dr. Lajos Tamás
egyetemi tanár

Az Áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásának használata

fejezet, lecke pont száma	a tananyag rész címe	oldal- szám	feladatok	megtanulandó
	Bevezetés, köszönetnyilvánítás	9, 10		
	A tankönyv és használata	11		Mind
1. fejezet	A folyadékok sajátosságai, az áramlástanban alkalmazott mennyiségek és leírásuk	19		
<u>1.1. lecke</u>	<u>A folyadékok és a szilárd anyagok összehasonlítása</u> M: 4F+4V			
1.1.1.pont	A szilárd test és a folyadék deformációja	22	K.1.1.1.	B5, B3, F,
1.1.2.pont	Newton viszkozitási törvénye	24	K.1.1.2., KZ.1.1., KZ.1.2., P.1.1.1. - 4.	B5, B3, F, É, J,
1.1.3.pont	Viszkozitás, a folyadékok néhány tulajdonsága	26	T.1.1.1., T.1.1.2.	B5, B3, F,
	Feladatok	28		
<u>1.2. lecke</u>	<u>A folyadékok néhány tulajdonsága, az ideális folyadék</u> M: 3V			
1.2.1.pont	Gázok, gőzök, cseppfolyós közegek	29		B5,
1.2.2. pont	A gáztörvény	30	K.1.2.1., TZ.1.8.	B5, B3, F, É, J,
1.2.3. pont	A kavitáció	31	T.1.2.2., T.1.2.3.	B5, F,
1.2.4. pont	A közegek viszkozitásának magyarázata	32	K.1.2.2., K.1.2.3., TZ.1.5.	B5, F,
1.2.5. pont	Az ideális folyadék	35	K.1.2.4., T.1.2.1., TZ.1.3.	B5, B3, F,
	Feladatok	36		
<u>1.3. lecke</u>	<u>A folyadékok áramlásának leírása</u> M: -			
1.3.1.pont	A sűrűség	37	K.1.3.1.	B5, B3, F, É, J,
1.3.2. pont	A nyomás	37		B5, B3, F, É, J,
1.3.3. pont	Az áramlási sebesség	39	K.1.3.2., T.1.3.1.	B5, B3, F, É, J,
1.3.4. pont	Erőterek	40	K.1.3.3.	B5, F, B3*
	Feladatok	41		*csak a nehézségi erőter
<u>1.4. lecke</u>	<u>Műveletek skalár- és vektorterekkel</u> M: -			

1.4.1.pont	Skalárterek megváltozásának jellemzése	42	K.1.4.1.	B5, B3, F,
1.4.2. pont	A vektorterek megváltozásának jellemzése	43	K.1.4.2., KZ.1.3.	B5, F,
1.4.3. pont	A vektortér divergenciája és rotációja	44	KZ.1.4., TZ.1.9.	B5, B3*, F,
1.4.4. pont	Vektorterek potenciálja	49	K.1.4.3., K.1.4.4., T.1.4.1. T.1.4.2., T.1.4.3., T.1.4.3., TZ.1.1., TZ.1.2., TZ.1.4., TZ.1.6.	B5, B3, F,
	Feladatok	51	* csak a nehézségi erőtérré	
	Fejezetzáró feladatok	53		
	Megoldások	55		
2. Fejezet	Kinematika és a folytonosság tétele	57		
<u>2.1. lecke</u>	<u>Pálya, áramvonal, nyomvonal, áramlások időfüggése, áramlások szemléltetése</u> M: 26V			
2.1.1.pont	Néhány meghatározás	59	T.2.1.4.	B5, B3, F,
2.1.2. pont	Stacionárius és instacionárius áramlások	60	K.2.1.1., T.2.1.1., T.2.1.2.T.2.1.3., TZ.2.3., TZ.2.5., TZ.2.7.	B5, B3, F, É, J,
2.1.3. pont	Az áramlások szemléltetése	63	K.2.1.2.	B5, B3, F, É, J,
	Feladatok	69		
<u>2.2. lecke</u>	<u>A potenciális örvény</u> M: 3F + 2V			
2.2.1.pont	Az örvény áramképe	71	KZ.2.5., P.2.2.2.	B5, B3* F,
2.2.2.pont	A sebességtér rotációja	72	KZ.2.1., P.2.2.3.	B5, B3, F,
2.2.3.pont	A potenciális örvény sebességtere	74	K.2.2.1., T.2.2.1., P.2.2.1.	B5, F,
2.2.4.pont	A sebességi potenciál	75	T.2.2.2., KZ.2.2.	B5, F,
	Feladatok	76	* csak a síkáramlás definíciója	
<u>2.3. lecke</u>	<u>A kis folyadék rész mozgása, a Laplace differenciálegyenlet</u> M: 1V			
2.3.1.pont	A deriválttenzor felbontása	78	K.2.3.2., TZ.2.1.	B5, F, M,
2.3.2.pont	A folyadékhasáb mozgása, deformációja	79	K.2.3.1.	B5, F, M,

2.3.3.pont	A Laplace-differenciálegyenlet	80	K.2.3.3.	B5, F,
	Feladatok	81		
<u>2.4. lecke</u>	<u>A folytonosság (kontinuitás) tétele</u>	M: 5F		
2.4.1.pont	A folytonosság tétele	82	K.2.4.2., K.2.4.4., T.2.4.1., T.2.4.2., KZ.2.4., KZ.2.6., T.Z.2.2., TZ.2.4., TZ.2.8.	B5, B3*, F,
2.4.2.pont	A folytonosság tételének alkalmazása áramcsőre	84	T.2.4.3., KZ.2.3., TZ.2.6., P.2.4.2., P.2.4.4.	B5, B3, F, É, J,
2.4.3.pont	Átlagsebesség és térfogatáram számítás csőben	85	K.2.4.1., P.2.4.3., P.2.4.5.	B5, B3, F,
2.4.4.pont	Jellemzők lokális és konvektív megváltozása	86	K.2.4.3.	B5, B3**,F,
2.4.5.pont	Az áramfüggvény	88	T.2.4.3., T.2.4.4., KZ.2.2.	M
	Feladatok	91	* csak a levezetés végeredménye, ** csak az alapgondolatok	
	Fejezetzáró feladatok	93		
	Megoldások	96		
3. Fejezet	Az Euler-egyenlet és a Bernoulli-egyenlet	99		
<u>3.1. lecke</u>	<u>A folyadékgyorsulás</u>	M: 2F + 1V		
3.1.1.pont	A folyadékgyorsulás lokális és konvektív gyorsulása	101	K.3.1.1., K.3.1.3., T.3.1.1., P.3.1.1.	B5, B3*, F, É*, J*,
3.1.2. pont	A konvektív gyorsulás kifejezésének átalakítása	104	K.3.1.4., T.3.1.2., TZ.3.2.	B5, B3*, F,
3.1.3. pont	Áramlás konfúzorban	105	K.3.1.2., K.3.1.5., KZ.3.1., P.3.1.2.	B5, F,
	Feladatok	106	* csak a lokális és konvektív gyorsulás fogalma és (3.8)	
<u>3.2. lecke</u>	<u>Az Euler egyenlet</u>	M: -		
3.2.1.pont	Az Euler- egyenlet levezetése elemi folyadékgyorsulásra ható erők vizsgálatával	108	K.3.2.1., K.3.2.3, T.3.2.2.	B5, B3, F,
3.2.2. pont	Az Euler-egyenlet különböző alakjai és alkalmazásuk a folyadéktér leírására	111	K.3.2.2., K.3.2.4., T.3.2.1.,TZ.3.1., TZ.3.4.	B5, F,
3.2.3. pont	Az Euler-egyenlet levezetése egy elúszó folyadékgyorsulás vizsgálatával	112	K.3.2.5. T.3.2.3., KZ.3.3.	B5, F,

	Feladatok	115		
<u>3.3. lecke</u>	<u>A Bernoulli-egyenlet, a statikus nyomás, a dinamikus nyomás és az össznyomás</u> M: 2F + 5V			
3.3.1.pont	Az Euler-egyenlet vonalmenti integrálja: a Bernoulli-egyenlet	117	P.3.3.1.	B5, B3, F,
3.3.2. pont	A Bernoulli-egyenlet egyszerűsítésének lehetőségei	118	K.3.3.1., K.3.3.2., T.3.3.1.,T.3.3.3., TZ.3.3.	B5, B3, F, É, J,
3.3.3. pont	A statikus, a dinamikus és az össznyomás	120	T.3.3.2., P.3.3.2.	B5, B3, F, M, É, J,
	Feladatok	124		
<u>3.4. lecke</u>	<u>Az Euler-egyenlet természetes koordináta-rendszerben</u> M: 1F + 5V			
3.4.1.pont	A természetes koordinátarendszerben felírt komponensegyenletek	125	K.3.4.1., K.3.4.2., K.3.4.3., K.3.4.4., K.3.4.5., K.3.4.6., T.3.4.1., P.3.4.1.	B5, B3, F, É, J,
3.4.2. pont	Alkalmazások	129	T.3.4.2., KZ.3.2.	B5, B3, F,
	Feladatok	132		
	Fejezetzáró feladatok	133		
	Megoldások	135		
4. Fejezet	Alkalmazások	139		
<u>4.1. lecke</u>	<u>Hidrosztatika, gyorsuló tartály</u> M: 3F			
4.1.1.pont	A hidrosztatika alapegyenlete	142	K.4.1.1., K.4.1.2., T.4.1.1., T.4.1.2., T.4.1.4., KZ.4.1., TZ.4.5., P.4.1.1.	B5, B3, F,
4.1.2. pont	Nyomás változása tartályban	143	K.4.1.3., K.4.1.4., T.4.1.3., P.4.1.2., P.4.1.3.	B5, B3, F,
4.1.3. pont	Az erőter és a folyadékfelszín helyzete	145	K.4.1.5., KZ.4.2.	B5, B3*, F,
	Feladatok	146	* csak az elv és a következtetések	
<u>4.2. lecke</u>	<u>Kémény statikus huzata, függőleges gázvezeték, gyorsuló kocsi és forgó edény</u> M: 13F			
4.2.1.pont	A statikus huzat számítása	148	T.4.2.3., KZ.4.4., P.4.2.3., P.4.2.5.	B5, B3, F,
4.2.2. pont	Függőleges gázvezeték	150	T.4.2.2.	B5, B3, F,
4.2.3. pont	Gyorsuló kocsi, forgó edény	151	K.4.2.1., K.4.2.2., T.4.2.1., T.4.2.4., KZ.4.3., P.4.2.1., P.4.2.2., P.4.2.7. - 13.	B5, F,
	Feladatok	155		

<u>4.3. lecke</u>	<u>Nyomásváltozás forgó edényben, a Venturi-cső</u> M: 10F			
4.3.1.pont	A nyomás változása forgó edényben	157	K.4.3.1., T.4.3.1., T.4.3.2., TZ.4.1., TZ.4.2., TZ.4.3., P.4.3.2. - 5., P.4.3.7.	B5, F,
4.3.2. pont	Térfogatárammérés Venturi-csővel	160	K.4.3.2., K.4.3.3., P.4.3.1., P.4.3.6., P.4.3.8. - 10.	B5, F,
	Feladatok	163		
<u>4.4. lecke</u>	<u>Kiömlés tartályból, izotermikus atmoszféra</u> M: 18F			
4.4.1.pont	Kiömlés tartályból	166	K.4.4.1., K.4.4.3., T.4.4.2., KZ.4.5., P.4.4.2.-15., P.4.4.18	B5, F,
4.4.2. pont	Az izotermikus atmoszféra	171	K.4.4.2., T.4.4.1., TZ.4.4., P.4.4.1., P.4.4.16., P.4.4.17.	B5, B3, F,
	Feladatok	173		
<u>4.5. lecke</u>	<u>Testek úszása, a mélyvízi hullám, radiális ventilátor, Euler-turbinaegyenlet</u> M: 6F + 1PP			
4.5.1.pont	Testek úszása	175	K.4.5.1., P.4.5.3. - 4.	B5, F,
4.5.2. pont	Mélyvízi hullám	177	K.4.5.3., K.4.5.4.	M
4.5.3.pont	Radiális ventilátor, Euler-turbinaegyenlet	179	K.4.5.2., T.4.5.1., T.4.5.2., KZ.4.6., P.4.5.1., P.4.5.5., P.4.5.6.	B5, B3*, F,
	Feladatok	183	* csak a ventilátor felépítése, az össznyomás növekedés és a turbinaegyenlet	
	Fejezet záró feladatok	185		
	Megoldások	188		
5. Fejezet	Örvénytételek	193		
<u>5.1. lecke</u>	<u>A Thomson tétel és alkalmazása</u> M: 12V			
5.1.1.pont	A Thomson-tétel levezetése	195	T.5.1.1., T.5.1.2., TZ.5.1., TZ.5.2.	B5, B3*, F,
5.1.2. pont	Indulási és megállási örvény	197		B5, B3*, F, M
5.1.3. pont	Sebességmegoszlás egyenletesítése	201	K.5.1.1., K.5.1.2.	B5, B3*, F, M
5.1.4. pont	Áramlás víztározó medencében	205		M
5.1.5.pont	Örvényes áramlások leírása áramfüggvény segítségével	208		M
	Feladatok	210		* csak a feltételek és a levezetés eredménye
<u>5.2. lecke</u>	<u>Helmholtz I. és II. tétele és alkalmazásuk</u> M: 8V			
5.2.1.pont	Helmholtz I. tétele	211	T.5.2.1.	B5, B3*, F,
5.2.2. pont	Helmholtz II. tétele	212	K.5.2.2.	B5, B3*, F,

5.2.3. pont	Alkalmazások	213	K.5.2.1., KZ.5.1., KZ.5.2.	B5, B3*, F,
	Feladatok	218		* csak a végeredmény és a feltételek értelmezése
	Fejezet záró feladatok	219		
	Megoldások	220		
6. Fejezet	Áramlástan mérés	221		
<u>6.1. lecke</u>	<u>A felületi feszültség</u> M: 1F			
6.1.1.pont	A felületi feszültség jellemzése	223	T.6.1.1.	B5,
6.1.2. pont	A felületi feszültség által okozott túlnyomás	224	K.6.1.2., T.6.1.2, TZ.6.1., P.6.1.1.	B5,
6.1.3. pont	A folyadékcseppek alakja	225		B5, F,
6.1.4.pont	Kapilláris felemelkedés	226	K.6.1.1., T.6.1.3., KZ.6.2. TZ.6.3.	B5, B3*,
	Feladatok	227		* csak a jelenség ismerete
<u>6.2. lecke</u>	<u>A nyomás mérése</u> M: 3F + 5V			
6.2.1.pont	Az U-csöves manométer	229	K.6.2.1., P.6.2.2.	B5, B3, F,
6.2.2. pont	A fordított U-csöves manométer	231		B5, B3, F,
6.2.3. pont	A relatív hiba csökkentésének lehetőségei	231	K.6.2.2., K.6.2.3., K.6.2.4., T.6.2.1., KZ.6.1., P.6.2.1., P.6.2.3.	B5, B3, F,
6.2.4.pont	Rugalmas test deformációján alapuló műszerek	234		B5, B3, F, É, J,
6.2.5.pont	Gyakorlati nyomásmérési problémák	235		B5, B3, F, É, J,
	Feladatok	238		
<u>6.3. lecke</u>	<u>A sebesség és a térfogatáram mérése</u> M: 9F + 7V			
6.3.1.pont	A sebesség mérése dinamikus nyomás mérése alapján	239	K.6.3.1., K.6.3.2., T.6.3.3., TZ.6.5., P.6.3.8.	B5, B3, F, É, J,
6.3.2.pont	Egyéb sebességmérési módszerek	243		B5, B3, F, É, J,
6.3.3.pont	A térfogatáram-mérés	245		B5, B3, F,
6.3.4.pont	Térfogatáram-mérés szűkítőelemmel	246	T.6.3.2., TZ.6.4., P.6.3.2., P.6.3.4., P.6.3.7., P.6.3.9.	B5, B3, F,
6.3.5.pont	A sebességmérésen alapuló térfogatáram mérés	248	K.6.3.3., T.6.3.1., TZ.6.2., TZ.6.6., P.6.3.1., P.6.3.5., P.6.3.6.	B5, B3, F,
	Feladatok	251		
<u>6.4. lecke</u>	<u>Szélcsatornák és szélcsatorna vizsgálatok</u> M: 9 V			

6.4.1. pont	A szélcsatornák alkalmazásának célja	253	T.6.4.1., T.6.4.2.	M, É, J,
6.4.2. pont	A szélcsatornák típusai sebesség és elrendezés szerint	255	TZ.6.7.	M, É, J,
6.4.3 pont	A szélcsatornák szerkezeti elemei, mérőtér kialakítások	258	K.6.4.1., K.6.4.2.	M, É, J,
6.4.4 pont	A szélcsatorna mérések gyakorlata	262	K.6.4.3., T.6.4.3. KZ.6.3., TZ 6.8., TZ.6.9.	M, É, J,
	Feladatok	268		
	Fejezet záró feladatok	269		
	Megoldások	272		
7. Fejezet	Az impulzustétel és alkalmazásai	275		
<u>7.1. lecke</u>	<u>Az impulzustétel és az impulzusnyomatéki tétel</u> M: 16F + 1V			
7.1.1.pont	Az impulzustétel	278	T.7.1.1., T.7.1.2., TZ.7.1, TZ.7.2.	B5, B3*, F,
7.1.2. pont	Szilárd test az ellenőrző felületben	282		B5, B3*, F,
7.1.3. pont	Az impulzusnyomatéki tétel	283		B5, B3*, F,
7.1.4.pont	Az impulzustétel alkalmazása: a mozgó síklapra ható erő	284	K.7.1.2., K.7.1.3., T.7.1.3., TZ.7.4., P.7.1.1. - 4., P.7.1.7. - 16.	B5, B3, F,
	Feladatok	288	* az érvényességi feltételek és a végeredmény	
<u>7.2. lecke</u>	<u>A Borda-féle kifolyónyílás, a Borda-Carnot átmenet és az Euler-turbinaegyenlet</u> M: 8F + 2V			
7.2.1.pont	A Borda-féle kifolyónyílás, folyadéksugár kontrakciója	289	K.7.2.1., P.7.2.1.	B5, B3*, F,
7.2.2. pont	A nyomás változása a Borda-Carnot átmenetben	292	K.7.2.2., T.7.2.1., TZ.7.3., P.7.1.5., P.7.2.3. - 6., P.7.2.8.	B5, B3, F,
7.2.3. pont	A csőtoldatra ható erő	293	KZ.7.1., KZ.7.2., P.7.2.2., P.7.2.7.	B5, B3, F,
7.2.4.pont	Az Euler-turbinaegyenlet	294		B5, F,
	Feladatok	297	* csak a kontrakciós tényező fogalma ** csak a végeredmény	
<u>7.3. lecke</u>	<u>A Pelton-turbina és a szárnyrács egy elemére ható erő számítása</u> M: 5F			
7.3.1.pont	A Pelton-turbina	298	K.7.3.1., K.7.3.2., KZ.7.3., TZ.7.6., P.7.3.1. - 5.	B5, B3, F,
7.3.2. pont	A szárnyrácsra ható erő	301	K.7.3.3., T.7.3.1.	B5, B3*, F,

	Feladatok	304	* csak (7.33) és értelmezése	
<u>7.4. lecke</u>	<u>A féltestre ható erő, a légcsavar, a szélkerék és a hófogó rács</u> M: 4F			
7.4.1.pont	A féltestre ható erő	305		B5, F,
7.4.2. pont	A légcsavar sugárelmélete	306	K.7.4.1., T.7.4.1., T.7.4.2., TZ.7.5., P.4.1.1.-4.	B5, B3, F,
7.4.3.pont	A szélkerék	310	K.7.4.2., KZ.7.4.	B5, B3, F,
7.4.4.pont	A hófogó rács	311	K.7.4.3.	
	Feladatok	313		
<u>7.5. lecke</u>	<u>Szabadsugarak</u> M: 4V			
7.5.1.pont	Hengeres szabadsugár	314	K.7.5.1., T.7.5.1.	M
7.5.2. pont	Sík szabadsugár	318	K.7.5.2, TZ.7.7.	M
	Feladatok	321		
<u>7.6. lecke</u>	<u>Légfüggönyök működése</u> M: -			
7.6.1.pont	Nyomásviszonyok üzemcsarnokban	322	K.7.6.1., T.7.6.1., T.7.6.2.	M
7.6.2. pont	A kapulégfüggönyök működése	324	K.7.6.2., K.7.6.3., T.7.6.3., KZ.7.5.	M
	Feladatok	329		
<u>7.7. lecke</u>	<u>Allievi elmélete, a sekélyvízi hullám</u> M: 2V			
7.7.1.pont	Nyomáshullámok csővezetékben, a folyadékoszlop megrövidülése	331	T.7.7.1.	B5, M
7.7.2. pont	A nyomáshullám amplitúdója és terjedési sebessége	333	K.7.7.1., T.7.7.2., KZ.7.6.	B5, M
7.7.3.pont	A nyomáshullámok terjedése csőben	335		B5, M
7.7.4.pont	A sekélyvízi hullám terjedési sebessége	337	K.7.7.2., T.7.7.3.	M
	Feladatok	339		
	Fejezet záró feladatok	341		
	Megoldások	344		
8. Fejezet	A súrlódásos közegek áramlása	349		
<u>8.1. lecke</u>	<u>A nemnewtoni közegek és a mozgásegyenlet</u> M: -			
8.1.1.pont	A nemnewtoni közegek	352	K.8.1.2., T.8.1.1., T.8.1.2.	B5, B3, F,
8.1.2. pont	A mozgásegyenlet	354		B5, B3*, F,

8.1.3. pont	A feszültségállapot és a sebességtér jellemzői közötti kapcsolat	356	K.8.1.1., TZ.8.10.	B5, B3*, F,
8.1.4.pont	A mozgásegyenlet legáltalánosabb alakja	360		B5, F,
	Feladatok	361	* csak a fogalom, ill. megközelítés alapgondolata	
<u>8.2. lecke</u>	<u>A Navier-Stokes-egyenlet és néhány alkalmazása</u> M: 2V			
8.2.1.pont	A Navier-Stokes-egyenlet	362	T.8.2.1., T.8.2.3.	B5, B3*, F, J*, É*,
8.2.2. pont	A Couette-áramlás	364	K.8.2.1., KZ.8.2., TZ.8.2., TZ.8.9.	F, M
8.2.3. pont	Lamináris (réteges) áramlás csőben	366	K.8.2.2., T.8.2.2., KZ.8.1., TZ.8.1., TZ.8.7., TZ.8.8.	B5, B3, F,
8.2.4. pont	Az örvénytranszport egyenlet	368		
	Feladatok	370	* csak a feltételek,(8.19) és (8.20) összefüggések	
<u>8.3. lecke</u>	<u>Lamináris és turbulens áramlások</u> M: 5V			
8.3.1.pont	A Reynolds-féle kísérlet, lamináris és turbulens áramlások	371	K.8.3.2., T.8.3.1.	B5, B3, F, J**, É**,
8.3.2. pont	A turbulens áramlások jellemzése	373		B5, B3, F, J**, É**,
8.3.3.pont	Az időbeli átlagokra vonatkozó mozgásegyenlet	374		B5, B3*, F, J**, É**,
8.3.4.pont	A látszólagos feszültségek	376	K.8.3.1., T.8.3.2.	B5, B3**, F,
	Feladatok	380	* csak az alapgondolat és (8.38), (8.39), (8.40) ** csak alapgondolat	
<u>8.4. lecke</u>	<u>A turbulens áramlások numerikus szimulációja</u> M: 3V			
8.4.1.pont	A turbulens áramlások jellemzői	381	K.8.4.1.	M
8.4.2.pont	A mozgásegyenlet megoldása	384	K.8.4.2., T.8.4.1., T.8.4.2.,	M
8.4.3. pont	A turbulenciamodellek és jellemzőik	387	K.8.4.3., T.8.4.3.	M
8.4.4.pont	Áramlások numerikus szimulációja	395	K.8.4.4.	M
	Feladatok	398		
<u>8.5. lecke</u>	<u>Az áramlások hasonlósága és a hasonlóság feltételei</u> M: 2F + 9V			
8.5.1.pont	Az áramlások hasonlósága	399		B5, B3, F, J*, É*,

8.5.2. pont	Az áramlások hasonlóságának feltételei	400	T.8.5.1., P.8.5.1., P.8.5.2.	B5, B3*, F, J*, É*
8.5.3.pont	A hasonlósági számok és alkalmazásuk	402	K.8.5.1., T.8.5.3., T.8.5.4., TZ.8.3., TZ.8.4., TZ.8.5., TZ.8.6.	B5, B3*, F,
8.5.4.pont	A hasonlósági számok előállítására erők hányadosaként	406	K.8.4.2., T.8.4.2.	B5, B3*, F, J*, É*
	Feladatok	409	* csak az alapgondolat, valamint az a) és b) pont	
	Fejezet záró feladatok	411		
	Megoldások	414		
9. Fejezet	Határrétegek	395		
<u>9.1. lecke</u>	<u>Határrétegek, keveredési úthossz, univerzális faltörvény</u> M: 3V			
9.1.1.pont	A határrétegek jellemzői	420		B5, B3, F, É, J,
9.1.2. pont	A határréteg-egyenlet	422	K.9.1.1., KZ.9.2., TZ.9.1.	B5, B3* F,
9.1.3. pont	A keveredési úthossz modell	425	K.9.1.2., T.9.1.1., KZ.9.3., TZ.9.2.	B5, B3* F,
9.1.4.pont	Sebességmegoszlás a turbulens határrétegben	427	K.9.1.3., T.9.1.2.	B5, F,
	Feladatok	431	*csak az alapgondolat	
<u>9.2. lecke</u>	<u>A határréteg jellemzői, kiszorítás, hő, anyag és impulzusátadás</u> M: 2V			
9.2.1.pont	A csőben kialakuló turbulens határréteg néhány jellemzője	433	K.9.2.1., K.9.2.2., T.9.2.1.	B5, F,
9.2.2.pont	A határréteg áramlás irányú fejlődése	436	KZ.9.1., KZ.9.4.	B5, B3, F, M, É, J,
9.2.3.pont	A határréteg kiszorítási vastagsága	437	T.9.2.2.	B5, F,
9.2.4.pont	Hő- és anyagátadás a határrétegben	438	TZ.9.3.	B5, B3, F,
	Feladatok	439		
<u>9.3. lecke</u>	<u>A határréteg leválás és a szekunder áramlások keletkezése</u> M: 1F + 19V			
9.3.1.pont	A határrétegben csúsztatófeszültségek keletkeznek	441		B5, B3, F, É, J,
9.3.2. pont	A határréteg leválása	443	T.9.3.1., T.9.3.2., P.9.3.1.	B5, B3, F, É, J,
9.3.3.pont	Áramlás henger körül	447		B5, B3 F, É, J,

9.3.4.pont	Áramlás diffúzorban és a patkóörvény	449	T.9.3.1.	B5, B3, F,
9.3.5.pont	A leválás megszüntetése, befolyásolása	452	T.9.3.3.	B5, B3, F, É, J,
9.3.6.pont	A határréteg szekunder áramlást okoz	454	T.9.3.2.	B5, B3, F, É, J,
	Feladatok	456		
	Fejezet záró feladatok	457		
	Megoldások	459		
10. Fejezet	Hidraulika	461		
<u>10.1. lecke</u>	<u>Súrlódási veszteség, dimenzióanalízis</u> M: -			
10.1.1.pont	A súrlódási veszteség	464	K.10.1.1., T.10.1.1.	B5, B3, F,
10.1.2. pont	A dimenzióanalízis	465	K.10.1.3., T.10.1.2.	B5, F,
10.1.3. pont	A dimenzióanalízis alkalmazása	467	K.10.1.2.	B5, B3* F, É, J,
	Feladatok	468	* aza alapgondolat és az alkalmazás módja	
<u>10.2. lecke</u>	<u>A csősúrlódási veszteség, összenyomható közeg áramlása csőben, áramlás nyílt felszínű csatornában</u> M: 3F			
10.2.1.pont	A csősúrlódási veszteség	470	K.10.2.1., TZ.10.1., P.10.2.1. – 3.	B5, B3, F,
10.2.2. pont	Érdes csövek	472	T.10.2.2., TZ.10.3.	B5, B3, F,
10.2.3. pont	Nem kör keresztmetszetű csövek	475	K.10.2.2., T.10.2.1., TZ.10.2.	B5, B3, F,
10.2.4.pont	Beömlési veszteség, veszteségtényező	476		B5, B3, F,
10.2.5.pont	Összenyomható közeg áramlása csőben	477		B5, F,
10.2.6.pont	Áramlás nyílt felszínű csatornáknban	478	K.10.2.3.	B5, B3, F, M,
	Feladatok	481	* relatív érdesség, 10.3. és 10.4. ábra és (10.13)	
<u>10.3. lecke</u>	<u>Csőidomok áramlási vesztesége</u> M: 2V			
10.3.1.pont	A Borda-Carnot átmenet	483	K.10.3.1.	B5, B3, F,
10.3.2. pont	A kilépési veszteség	484		B5, B3, F,
10.3.3.pont	Szelepek, tolózárak, csappantyúk	484	K.10.3.2.	B5, B3, F,
10.3.4.pont	Hirtelen keresztmetszet-csökkenés	485		B5, F,
10.3.5.pont	Diffúzor	488	T.10.3.1., T.10.3.2., TZ.10.4.	B5, B3, F,

10.3.6.pont	Csőívek, könyökök	489		B5, B3, F,
	Feladatok	492		
<u>10.4. lecke</u>	<u>Alkalmazási példák</u> M: 22F			
10.4.1.pont	Házi vízellátó rendszer szivattyújának kiválasztása	493	T.10.4.1., T.10.4.2., KZ.10.1., KZ.10.2.; P.10.4.1., 3., 5., 7., 8., 10. – 14., 18. – 22.	B5, B3, F,
10.4.2. pont	Áramlás tartályokat összekötő csőben	496	K.10.4.1.; P.10.4.2., 4., 6., 9., 15. – 17.	B5, B3, F,
	Feladatok	497		
	Fejezet záró feladatok	499		
	Megoldások	502		
11. Fejezet	Az áramlásba helyezett testekre ható erő	505		
<u>11.1. lecke</u>	<u>Az áramlási eredetű erő keletkezése, a körhengere ható erő</u> M: 1F + 14V			
11.1.1.pont	Az áramlási eredetű erők keletkezése	507	K.11.1.1., TZ.11.1.	B5, B3, F, J, É,
11.1.2. pont	A körhengerre ható áramlási erő	511	K.11.2., K.11.1.3., K.11.1.4., T.11.1.1., T.11.1.2., TZ.11.2., P.11.1.1.	B5, B3*, F, M, É, J,
11.2.3.pont	Nem kör keresztmetszetű hengerek-re, lemezcsíkra, gömbre ható áramlási eredetű erő	518		M, É, J,
	Feladatok	523	* csak a gondolatmenet legfontosabb elemei	
<u>11.2. lecke</u>	<u>Szárnyakra és hasábra ható áramlási eredetű erők, a szemcsedinamika alapjai</u> M: 3F + 5V:			
11.2.1.pont	Áramlásba helyezett szárny	526	K.11.2.1., T.11.2.2., KZ.11.2., TZ.11.3., P.11.2.1., P.11.2.3.	B5, B3*, F,
11.2.2. pont	Hasábra ható áramlási erő	531	K.11.2.2., P.11.2.2.	G, E, F, M, É, J,
11.2.3. pont	Porszemcsék süllyedési sebessége és mozgásuk áramló gázban	535	K.11.2.3., T.11.2.1, KZ.11.3.	B5, B3**, F, M,
	Feladatok	539	* (11.5)-(11.7) és a 11.6. ábra, **a gondolatmenet és eredménye	
<u>11.3. lecke</u>	<u>Közúti járművek áramlástanának alapjai</u> M: 3V			
11.3.1. pont	A járműáramlástan feladatai és megközelítései	541	K.11.3.1., K.11.3.3., T.11.3.1., 11.3.2.	J,

11.3.2. pont	A jármű karosszériák körüli áramlási tér felosztása, a homlokfali ellenálás és csökkentése	544	K.11.3.2., T.11.3.3., KZ.11.1.	J,
11.3.3. pont	A hátfali, a karosszéria alatti és az oldalfali ellenállás	552		J,
11.3.4. pont	Autóbuszok, kamionok körüli áramlás	558		J,
	Feladatok	565		
	Fejezet záró feladatok	567		
	Megoldások	569		
12. Fejezet	Összenyomható közegek áramlása, gázdinamika, az akusztika alapjai	571		
<u>12.1. lecke</u>	<u>Az energiaegyenlet, a statikus, a dinamikus és az összhőmérséklet, a Bernoulli-egyenlet alkalmazása</u> M: 5F			
12.1.1.pont	Az energiaegyenlet	573	T.12.1.2., P.12.1.1.	B5,
12.1.2. pont	A statikus, a dinamikus és az összhőmérséklet	576	K.12.1.1., T.12.1.1., TZ.12.1., P.12.1.2., P.12.1.3.	B5,
12.1.3. pont	A Bernoulli-egyenlet összenyomható gázokra	577	K.12.1.2., KZ.12.1., P.12.1.4., P.12.1.5.	B5,
	Feladatok	580	* csak (12.7) és a feltételek, ** (12.14) és (12.20)	
<u>12.2. lecke</u>	<u>A hang terjedési sebessége, összenyomható közegek áramlásának hasonlósága, a hullámok terjedése</u> M: 3F + 8V			
12.2.1.pont	A hang terjedési sebessége	581	K.12.2.1., K.12.2.2., T.12.2.1., T.12.2.2., TZ.12.2.	B5,
12.2.2. pont	Áramlások hasonlósága összenyomható közegek esetén	584	K.12.2.3., KZ.12.2.	B5,
12.2.3. pont	A hullámok terjedése	585	P.12.2.1. – 3.	B5,
	Feladatok	590	* (12.22) és (12.23) ** alapgondolat és (12.32)	
<u>12.3. lecke</u>	<u>Gázok kiömlése tartályból, a Laval-cső</u> M: 13F			
12.3.1.pont	Kiömlés tartályból	591	T.12.3.1., T.12.3.5., P.12.3.3., P.12.3.5.	B5,

12.3.2. pont	Áramlás Laval-csőben	593	K.12.3.1., K.12.3.2., T.12.3.2., T.12.3.3., T.12.3.4., KZ.12.3., TZ.12.3., TZ.12.4., TZ.12.5.; P.12.3.1., 2., 4., 6. – 13.	B5,
	Feladatok	600	* kritikus nyomásviszony, Laval cső fogalma, tömegáram számítása legszűkebb keresztmetszetben, és kiömlésnél	
<u>12.4. lecke</u>	<u>A hullámegyenlet, a hangnyomás és a hangteljesítmény</u> M: -			
12.4.1.pont	A hullámegyenlet	603	K.12.4.1., T.12.4.3., T.12.4.4.,	
12.4.2. pont	Hangteljesítmény, hangnyomás, intenzitás	607	K.12.4.2., T.12.4.1., T.12.4.2., TZ.12.6.	
	Feladatok	608		
<u>12.5. lecke</u>	<u>Szintek, a hang spektrális jellemzése, irányítottság</u> M: -			
12.5.1.pont	Szintek	510	K.12.5.1., T.12.5.1.	
12.5.2. pont	Műveletek szintekkel	611	K.12.5.2., T.12.5.2. KZ.12.4., KZ.12.5.	
12.5.3.pont	A zaj spektrális jellemzése	612		
12.5.4.pont	Irányítottság	613	K.12.5.3., TZ.12.7.	
	Feladatok	615		
	Fejezet záró feladatok	616		
	Megoldások	619		
	Fejezet záró feladatok megoldásai	633		