

Lajos T.: Az ÁRAMLÁSTAN ALAPJAI tankönyv használata

Ez a füzet az Áramlástan alapjai tankönyv 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 tananyagokhoz tartozó feladatokat tüntettük fel. Ezek közül a K, KZ, T és TZ jelű feladatok a tankönyvben találhatóak meg, a CD Mellékletben a leckénként megadott feladatokat pedig P-vel jelöltük (pl. P.3.4.2. a 3 fejezet 4. leckéhez tartozó 2. feladat). Minden lecke címe után megadjuk, hogy a CD melléklet az adott leckéhez hány feladatot (F), videót (V) és PowerPoint prezentációt (PP) tartalmaz (pl. M: 3F + 2V + 4PP).

Az ötödik és hatodik oszlopban megadjuk, hogy az Áramlástan tantárgyat különböző szakokon, más és más képzési célokkal, eltérő idő- és munkaráfordítással tanuló hallgatói csoportoknak mely tananyagrészeket javasoljuk megtanulni és melyeket elolvasni.

A hallgatói csoportok és betűjelzésük az alábbiak:

KAR	SZINT	SZAK	JEL
Gépészmérnöki	egyetemi	gépészmérnöki, energetikai mérnöki	G
Gépészmérnöki	egyetemi	gépészmérnöki kiegészítő	K
Gépészmérnöki	egyetemi	ipari termék- és formatervező	T
Vegyészmérnöki	egyetemi	környezetmérnöki	V
Természettudományi	egyetemi	mérnök-fizikus	P
Gazdaság és Társadalomtudományi	egyetemi	műszaki menedzser	M
Gépészmérnöki	főiskolai	gépész- és energetikai mérnöki	F

A tankönyv és melléklete a tananyag tanár által segített, alapvetően önálló munkával történő elsajátítását is lehetővé teszi. Ennél a tanulási módnál is akkor ér el legjobb eredményt, ha időt hagy a tanultak "leülepedésére", tudásának megszilárdulására. Ezért javasoljuk, hogy – tekintettel a tananyag jellegére, a tantárgy jelentőségére és 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 2004. szeptember

Dr. Lajos Tamás, egyetemi tanár

Az Áramlástan alapjai tankönyv használata

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

1.4.1.pont	Skalárterek megváltozásának jellemzése	42	K.1.4.1.	mind	
1.4.2. pont	A vektorterek megváltozásának jellemzése	43	K.1.4.2., KZ.1.3.	G, F*, K, P	F, T, V
1.4.3. pont	A vektortér divergenciája és rotációja	44	KZ.1.4., TZ.1.9.	G,K, M**, P,	F, M, T
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.	F, G, K, M***, P, T, V***	M, V
	Feladatok	51	* a deriválttenzor fogalma nélkül, ** csak a fogalmak felírása és értelmezése, *** csak a nehézségi erőterre		
	Fejezetzáró feladatok	53			
	Megoldások	55			
2. Fejezet	Kinematika és a folytonosság tétele	57			mind
<u>2.1. lecke</u>	<u>Pálya, áramvonal, nyomvonal, áramlások időfüggése, áramlások szemléltetése</u> M: 24V + 3PP				
2.1.1.pont	Néhány meghatározás	59	T.2.1.4.	mind	
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.	mind	
2.1.3. pont	Az áramlások szemléltetése	63	K.2.1.2.	mind	
	Feladatok	68			
<u>2.2. lecke</u>	<u>A potenciálos örvény</u> M: 3F + 1V				
2.2.1.pont	Az örvény áramképe	71	KZ.2.5., P.2.2.2.	F,G,K,M* P, V*,	M,T,V
2.2.2.pont	A sebességtér rotációja	72	KZ.2.1., P.2.2.3.	G, K, P	F,M, T, V
2.2.3.pont	A potenciálos örvény sebességtere	74	K.2.2.1., T.2.2.1., P.2.2.1.	G, K, P	F,M, T, V
2.2.4.pont	A sebességi potenciál	75	T.2.2.2., KZ.2.2.	G, P	F, K, V
	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	77	K.2.3.2., TZ.2.1.	G, P	F, K, T, V
2.3.2.pont	A folyadékhasáb mozgása, deformációja	79	K.2.3.1.	F*,G, P	K, T, V
2.3.3.pont	A Laplace-differenciálegyenlet	80	K.2.3.3.	G, P	F, K, T, V
	Feladatok	81	* alapfogalmak		

<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.	F,G,K,M* P, T* V*	M, T, V
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.	F,G,K,M* P, T* V*	M, T, V
2.4.3.pont	Átlagsebesség és térfogatáram számítás csőben	85	K.2.4.1., P.2.4.3., P.2.4.5.	mind	
2.4.4.pont	Jellemzők lokális és konvektív megváltozása	86	K.2.4.3.	F, G, K,P, M**,T,V**	M, V
2.4.5.pont	Az áramfüggvény	88	T.2.4.3., T.2.4.4., KZ.2.2.		G, P
	Feladatok	91	* csak a levezetés végeredménye, ** csak az alapgondolatok		
	Fejezetzáró feladatok	93			
	Megoldások	96			
3. Fejezet	Az Euler-egyenlet és a Bernoulli-egyenlet	99			mind
<u>3.1. lecke</u>	<u>A folyadékreszek gyorsulása</u> M: 2F + 1V				
3.1.1.pont	A folyadékresz lokális és konvektív gyorsulása	101	K.3.1.1., K.3.1.3., T.3.1.1., P.3.1.1.	F,G,K,M* P, T V*	M, V
3.1.2. pont	A konvektív gyorsulás kifejezésének átalakítása	104	K.3.1.4., T.3.1.2., TZ.3.2.	G,K,M*P, T, V*	F, M, V
3.1.3. pont	Áramlás konfúzorban	105	K.3.1.2., K.3.1.5., KZ.3.1., P.3.1.2.	F,G,K,P T	M, V
	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 folyadékreszre ható erők vizsgálatával	108	K.3.2.1., K.3.2.3, T.3.2.2.	G, K, M, P, T, V	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.	G, K, P	F, M, T, V
3.2.3. pont	Az Euler-egyenlet levezetése egy elűszó folyadékresz vizsgálatával	112	K.3.2.5. T.3.2.3., KZ.3.3.	G, K, P	F, M, T, V
	Feladatok	115			
<u>3.3. lecke</u>	<u>A Bernoulli-egyenlet, a statikus nyomás, a dinamikus nyomás és az össznyomás</u> M: 2F + 2V + 1PP				

3.3.1.pont	Az Euler-egyenlet vonalmenti integrálja: a Bernoulli-egyenlet	117	P.3.3.1.	mind	
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.	mind	
3.3.3. pont	A statikus, a dinamikus és az össznyomás	120	T.3.3.2., P.3.3.2.	mind	
	Feladatok	124			
3.4. lecke	<i>Az Euler-egyenlet természetes koordináta-rendszerben M: 1F + 2V + 2PP</i>				
3.4.1.pont	A természetes koordináta-rendszerben 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.	F, G, K, M, P, T, V	
3.4.2. pont	Alkalmazások	129	T.3.4.2., KZ.3.2.	F,G,K, P, T, V	M,
	Feladatok	131	* csak az elv, a komponens egyenletek és a következtetések		
	Fejezetzáró feladatok	133			
	Megoldások	135			
4. Fejezet	Alkalmazások	139			mind
4.1. lecke	<i>Hidrosztatika, gyorsuló tartály M: 3F</i>				
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.	mind	
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.	mind	
4.1.3. pont	Az erőtér és a folyadékfelszín helyzete	145	K.4.1.5., KZ.4.2.	F*,G,K,P, M*,T*,V*	F, M, T, V
	Feladatok	146	* csak az elv és a következtetések		
4.2. lecke	<i>Kémény statikus huzata, függőleges gázvezeték, gyorsuló kocsi és forgó edény M: 13F</i>				
4.2.1.pont	A statikus huzat számítása	148	T.4.2.3., KZ.4.4., P.4.2.3., P.4.2.5.	mind	
4.2.2. pont	Függőleges gázvezeték	150	T.4.2.2.	F, G,K, P, T, V	M
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.	F, G, K, P, T,	V
	Feladatok	155			
4.3. lecke	<i>Nyomásváltozás forgó edényben, a Venturi-cső M: 10F</i>				

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.	F, G, K, P T	M, V
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.	mind	
	Feladatok	163			
4.4. lecke	<i>Kiömlés tartályból, izotermikus atmoszféra</i> 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	F, G, K, P	M, T, V
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.	mind	
	Feladatok	173			
4.5. lecke	<i>Testek úszása, a mélyvízi hullám, radiális ventilátor, Euler-turbinaegyenlet</i> M: 6F + 1PP				
4.5.1.pont	Testek úszása	175	K.4.5.1., P.4.5.3. - 4.	F, G, P	K, M, T, V
4.5.2. pont	Mélyvízi hullám	177	K.4.5.3., K.4.5.4.		Mind
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.	F, G, K, P, T, V*	V,
	Feladatok	183	* csak a ventilátor felépítése, az össznyomás növekedés és a turbinaegyenlet		
	Fejezet záró feladatok	185			
	Megoldások	188			
5. Fejezet	Örvénytételek	193			mind
5.1. lecke	<i>A Thomson tétel és alkalmazása</i> M: 5V + 1PP				
5.1.1.pont	A Thomson-tétel levezetése	195	T.5.1.1., T.5.1.2., TZ.5.1., TZ.5.2.	F*,G,K*, M*,T*,P	F, K, M, T, V
5.1.2. pont	Indulási és megállási örvény	197		F, G, P	K,M,T,V
5.1.3. pont	Sebességmegoszlás egyenletesítése	201	K.5.1.1., K.5.1.2.	F,G, K, P,	M, T, V
5.1.4. pont	Áramlás víztározó medencében	205			Mind
5.1.5.pont	Örvényes áramlások leírása áramfüggvény segítségével	208			G, K, P,
	Feladatok	210	* csak a feltételek és a levezetés eredménye		
5.2. lecke	<i>Helmholz I. és II. tétele és alkalmazásuk</i> M: 4V				
5.2.1.pont	Helmholz I. tétele	211	T.5.2.1.	F*,G,K*, M*,T*,P	F, K, M, T, V

5.2.2. pont	Helmholz II. tétele	212	K.5.2.2.	F*,G,K*, M*,T*,P	F, K, M, T, V
5.2.3. pont	Alkalmazások	213	K.5.2.1., KZ.5.1., KZ.5.2.	F,G, K, P,	M, T, V
	Feladatok	218	* csak a végeredmény és a feltételek értelmezése		
	Fejezet záró feladatok	219			
	Megoldások	220			
6. Fejezet	Áramlástan mérés	221			mind
<u>6.1. lecke</u>	<u>A felületi feszültség M: 1F</u>				
6.1.1.pont	A felületi feszültség jellemzése	223	T.6.1.1.	F, G, K,	M,P, T, V
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.	F, G, K,	M,P, T, V
6.1.3. pont	A folyadékcseppek alakja	225		F, G, K, P	M, T, V
6.1.4.pont	Kapilláris felemelkedés	226	K.6.1.1., T.6.1.3., KZ.6.2. TZ.6.3.	F,G,K,M* T*, V*	M,P, T, V
	Feladatok	227	* csak a jelenség ismerete		
<u>6.2. lecke</u>	<u>A nyomás mérése M: 3F + 3V + 1PP</u>				
6.2.1.pont	Az U-csöves manométer	229	K.6.2.1., P.6.2.2.	mind	
6.2.2. pont	A fordított U-csöves manométer	231		mind	
6.2.3. pont	A relatív hiba csökkentésének lehetőségei	232	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.	mind	
6.2.4.pont	Rugalmas test deformációján alapuló műszerek	234		F, G, P	K, M, T, V
6.2.5.pont	Gyakorlati nyomásmérési problémák	235		F, G, K, P	M, T, V
	Feladatok	237			
<u>6.3. lecke</u>	<u>A sebesség és a térfogatáram mérése M: 9F + 1V + 3PP</u>				
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.	mind	
6.3.2.pont	Egyéb sebességmérési módszerek	243		F, G, P	K,M,T,V
6.3.3.pont	A térfogatáram-mérés	244		mind	
6.3.4.pont	Térfogatáram-mérés szűkítőelemmel	245	T.6.3.2., TZ.6.4., P.6.3.2., P.6.3.4., P.6.3.7., P.6.3.9.	mind	
6.3.5.pont	A sebességmérésen alapuló	248	K.6.3.3., T.6.3.1., TZ.6.2., TZ.6.6., P.6.3.1.,	mind	

	térfogatáram mérés		P.6.3.5., P.6.3.6.		
	Feladatok	251			
	Fejezet záró feladatok	253			
	Megoldások	255			
7. Fejezet	Az impulzustétel és alkalmazásai	257			Mind
<u>7.1. lecke</u>	<i>Az impulzustétel és az impulzusnyomatéki tétel</i> M: 16F				
7.1.1.pont	Az impulzustétel	260	T.7.1.1., T.7.1.2., TZ.7.1, TZ.7.2.	F,G,K,M* P, T*, V*	M, T, V
7.1.2. pont	Szilárd test az ellenőrző felületben	264		F,G,K,M* P, T*, V*	M, T, V
7.1.3. pont	Az impulzusnyomatéki tétel	265		G,K,P	F, M, T,V
7.1.4.pont	Az impulzustétel alkalmazása: a mozgó síklapra ható erő	266	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.	mind	
	Feladatok	269	* az érvényességi feltételek és a végeredmény		
<u>7.2. lecke</u>	<i>A Borda-féle kifolyónyílás, a Borda-Carnot átmenet és az Euler-turbinaegyenlet</i> M: 8F				
7.2.1.pont	A Borda-féle kifolyónyílás, folyadéksugár kontrakciója	271	K.7.2.1., P.7.2.1.	F,G,K,M* P,T,V*	M, V
7.2.2. pont	A nyomás változása a Borda-Carnot átmenetben	274	K.7.2.2., T.7.2.1., TZ.7.3., P.7.1.5., P.7.2.3. – 6., P.7.2.8.	F, G, K, M**,P,T,V	M
7.2.3. pont	A csőtoldatra ható erő	275	KZ.7.1., KZ.7.2., P.7.2.2., P.7.2.7.	F, G, K, M**,P,T,V	M
7.2.4.pont	Az Euler-turbinaegyenlet	276		G, K,	F, T, P, V
	Feladatok	279	* csak a kontrakciós tényező fogalma ** csak a végeredmény		
<u>7.3. lecke</u>	<i>A Pelton-turbina és a szárnyrács egy elemére ható erő számítása</i> M: 5F				
7.3.1.pont	A Pelton-turbina	280	K.7.3.1., K.7.3.2., KZ.7.3., TZ.7.6., P.7.3.1. – 5.	F,G,K,P, V	M
7.3.2. pont	A szárnyrácsra ható erő	283	K.7.3.3., T.7.3.1.	F*,G,K,P, M*,T, V*	F, M, V
	Feladatok	285	* csak (7.33) és értelmezése		
<u>7.4. lecke</u>	<i>A féltestre ható erő, a légcsavar, a szélkerék és a hófogó rács</i> M: 4F				
7.4.1.pont	A féltestre ható erő	287		G, P,	F, K, T,V
7.4.2. pont	A légcsavar sugárelmélete	288	K.7.4.1.,T.7.4.1.,T.7.4.2.,TZ.7.5.,P.4.1.1.-4.	F,G,K,P,T	M, V
7.4.3.pont	A szélkerék	292	K.7.4.2., KZ.7.4.	G,K,P,TV	F, M

7.4.4.pont	A hófogó rács	293	K.7.4.3.	G, P	F,K,T,V
	Feladatok	295			
<u>7.5. lecke</u>	<u>Szabadsugarak</u> M: 1V + 1PP				
7.5.1.pont	Hengeres szabadsugár	296	K.7.5.1., T.7.5.1.		Mind
7.5.2. pont	Sík szabadsugár	300	K.7.5.2, TZ.7.7.		Mind
	Feladatok	303			
<u>7.6. lecke</u>	<u>Légfüggönyök működése</u> M: -				
7.6.1.pont	Nyomásviszonyok üzemsarnokban	304	K.7.6.1., T.7.6.1., T.7.6.2.		mind
7.6.2. pont	A kapulégfüggönyök működése	306	K.7.6.2., K.7.6.3., T.7.6.3., KZ.7.5.		mind
	Feladatok	311			
<u>7.7. lecke</u>	<u>Allievi elmélete, a sekélyvízi hullám</u> M: 1V				
7.7.1.pont	Nyomáshullámok csővezetékben, a folyadékoszlop megrövidülése	313	T.7.7.1.	F*,G,	F,K,M, P T,V
7.7.2. pont	A nyomáshullám amplitúdója és terjedési sebessége	315	K.7.7.1.,T.7.7.2., KZ.7.6.	F*,G,	F,K,M, P T,V
7.7.3.pont	A nyomáshullámok terjedése csőben	317		F*,G,	F,K,M, P T,V
7.7.4.pont	A sekélyvízi hullám terjedési sebessége	319	K.7.7.2., T.7.7.3.		mind,
	Feladatok	321	* a (7.81), (7.82) és (7.83) értelmezése és alkalmazása		
	Fejezet záró feladatok	322			
	Megoldások	325			
8. Fejezet	A súrlódásos közegek áramlása				mind
<u>8.1. lecke</u>	<u>A nemnewtoni közegek és a mozgásegyenlet</u> M: -				
8.1.1.pont	A nemnewtoni közegek	334	K.8.1.2., T.8.1.1., T.8.1.2.	F,G,K,M* P,T,V	M
8.1.2. pont	A mozgásegyenlet	336		G,F,K,M* T,P,V*	M, V
8.1.3. pont	A feszültségállapot és a sebességtér jellemzői közötti kapcsolat	338	K.8.1.1., TZ.8.10.	G,F*,K*,P V*	F, K, M, T, V
8.1.4.pont	A mozgásegyenlet legáltalánosabb alakja	342		G,K,P,	E,F,M,T
	Feladatok	343	* csak a fogalom, ill. megközelítés alapgondolata		

<u>8.2. lecke</u>	<i>A Navier-Stokes-egyenlet és néhány alkalmazása</i> M: 2V				
8.2.1.pont	A Navier-Stokes-egyenlet	344	T.8.2.1., T.8.2.3.	G,F**K,P, M*T*,V*	M, T, V
8.2.2. pont	A Couette-áramlás	345	K.8.2.1., KZ.8.2., TZ.8.2., TZ.8.9.	P	mind-P
8.2.3. pont	Lamináris (réteges) áramlás csőben	348	K.8.2.2., T.8.2.2., KZ.8.1., TZ.8.1., TZ.8.7., TZ.8.8.	Mind	
8.2.4. pont	Az örvénytranszport egyenlet	350			mind
	Feladatok	352	* csak a feltételek,(8.19) és (8.20) összefüggések ** egyszerűsítő feltételek mellett		
<u>8.3. lecke</u>	<i>Lamináris és turbulens áramlások</i> M: 3V				
8.3.1.pont	A Reynolds-féle kísérlet, lamináris és turbulens áramlások	353	K.8.3.2., T.8.3.1.	mind	
8.3.2. pont	A turbulens áramlások jellemzése	355		mind	
8.3.3.pont	Az időbeli átlagokra vonatkozó mozgásegyenlet	356		G*,K*,P*	F, T, V
8.3.4.pont	A látszólagos feszültségek	358	K.8.3.1., T.8.3.2.	G,K**,P, T**, V**	F, K, T, V
	Feladatok	361	* csak az alapgondolat és (8.38), (8.39), (8.40) ** csak alapgondolat		
<u>8.4. lecke</u>	<i>A turbulens áramlások numerikus szimulációja</i> M: 2V + 2PP				
8.4.1.pont	A turbulens áramlások jellemzői és a mozgásegyenlet megoldása	363	K.8.4.1., T.8.4.1.		Mind
8.4.2. pont	A turbulenciamodellek és jellemzőik	368	K.8.4.2., K.8.4.3., T.8.4.2., T.8.4.3.		G, P, K
8.4.3.pont	Áramlások numerikus szimulációja	375	K.8.4.4.		Mind
	Feladatok	377			
<u>8.5. lecke</u>	<i>Az áramlások hasonlósága és a hasonlóság feltételei</i> M: 2F + 8V				
8.5.1.pont	Az áramlások hasonlósága	378		mind	
8.5.2. pont	Az áramlások hasonlóságának feltételei	379	T.8.5.1., P.8.5.1., P.8.5.2.	F,G,K,M* P,T*,V*	M, T, V
8.5.3.pont	A hasonlósági számok és alkalmazásuk	381	K.8.5.1., T.8.5.3., T.8.5.4., TZ.8.3., TZ.8.4., TZ.8.5., TZ.8.6.	F,G,K,P	E, M,T
8.5.4.pont	A hasonlósági számok előállításuk erői hányadosaként	385	K.8.4.2., T.8.4.2.	mind	

	Feladatok	387	* csak az alapgondolat, valamint az a) és b) pont		
	Fejezet záró feladatok	389			
	Megoldások	392			
9. Fejezet	Határrétegek	395			mind
<u>9.1. lecke</u>	<u>Határrétegek, keveredési úthossz, univerzális faltörvény M: 3V</u>				
9.1.1.pont	A határrétegek jellemzői	398		mind	
9.1.2. pont	A határréteg-egyenlet	400	K.9.1.1., KZ.9.2., TZ.9.1.	F*,G,P,K T*,V*	F, M, T, V
9.1.3. pont	A keveredési úthossz modell	403	K.9.1.2., T.9.1.1., KZ.9.3., TZ.9.2.	G, K, P	F, M,T,V
9.1.4.pont	Sebességmegoszlás a turbulens határrétegben	405	K.9.1.3., T.9.1.2.	G,P, K,	F, T, V
	Feladatok	409	*csak az alapgondolat		
<u>9.2. lecke</u>	<u>A határréteg jellemzői, kiszorítás, hő, anyag és impulzusátadás M: 2V</u>				
9.2.1.pont	A csőben kialakuló turbulens határréteg néhány jellemzője	411	K.9.2.1., K.9.2.2., T.9.2.1.	G, F,K,P	M,T,V
9.2.2.pont	A határréteg áramlás irányú fejlődése	414	KZ.9.1., KZ.9.4.	mind	
9.2.3.pont	A határréteg kiszorítási vastagsága	415	T.9.2.2.	G,P	F,K,T,V
9.2.4.pont	Hő- és anyagátadás a határrétegben	416	TZ.9.3.	mind	
	Feladatok	417			
<u>9.3. lecke</u>	<u>A határréteg leválás és a szekunder áramlások keletkezése M: 1F + 16V + 1PP</u>				
9.3.1.pont	A határrétegben csúsztatófeszültségek keletkeznek	419		mind	
9.3.2. pont	A határréteg leválása	421	T.9.3.1., T.9.3.2., P.9.3.1.	mind	
9.3.3.pont	Áramlás henger körül	425		F,G,K,P,T	M, V
9.3.4.pont	Áramlás diffúzorban és a patkóörvény	427	T.9.3.1.	F,G,K,P,T V	M
9.3.5.pont	A leválás megszüntetése, befolyásolása	429	T.9.3.3.	Mind	
9.3.6.pont	A határréteg szekunder áramlást okoz	432	T.9.3.2.	F,G,K,P,T V	M
	Feladatok	433			
	Fejezet záró feladatok	435			

	Megoldások	437			
10. Fejezet	Hidraulika	439			mind
<u>10.1. lecke</u>	<u>Súrlódási veszteség, dimenzióanalízis M: -</u>				
10.1.1.pont	A súrlódási veszteség	442	K.10.1.1., T.10.1.1.	mind	
10.1.2. pont	A dimenzióanalízis	443	K.10.1.3., T.10.1.2.	G,K, P, T*, V*	F,M,T, V
10.1.3. pont	A dimenzióanalízis alkalmazása	445	K.10.1.2.	G,K,P,T*, V*	F, M, T,V
	Feladatok	446	* aza alapgondolat és az alkalmazás módja		
<u>10.2. lecke</u>	<u>A csősúrlódási veszteség, összenyomható közeg áramlása csőben, áramlás nyílt felszínű csatornában M: 3F</u>				
10.2.1.pont	A csősúrlódási veszteség	448	K.10.2.1., TZ.10.1., P.10.2.1. – 3.	Mind	
10.2.2. pont	Érdes csövek	450	T.10.2.2., TZ.10.3.	F,G,K,M* P,T,V	M
10.2.3. pont	Nem kör keresztmetszetű csövek	453	K.10.2.2., T.10.2.1., TZ.10.2.	Mind	
10.2.4.pont	Beömlési veszteség, veszteségtényező	454		Mind	
10.2.5.pont	Összenyomható közeg áramlása csőben	455		F, G, K, P, T	M, V
10.2.6.pont	Áramlás nyílt felszínű csatornában	457	K.10.2.3.	G, K, P, T, V	F, M
	Feladatok	459	* relatív érdesség, 10.3. és 10.4. ábra és (10.13)		
<u>10.3. lecke</u>	<u>Csőidomok áramlási vesztesége M: 2V</u>				
10.3.1.pont	A Borda-Carnot átmenet	461	K.10.3.1.	Mind	
10.3.2. pont	A kilépési veszteség	462		Mind	
10.3.3.pont	Szelepek, tolózárak, csappantyúk	462	K.10.3.2.	Mind	
10.3.4.pont	Hirtelen keresztmetszet-csökkenés	463		F,G, K, P,	M, T, V
10.3.5.pont	Diffúzor	465	T.10.3.1., T.10.3.2., TZ.10.4.	Mind	
10.3.6.pont	Csőívek, könyökök	467		Mind	
	Feladatok	470			
<u>10.4. lecke</u>	<u>Alkalmazási példák M: 22F</u>				
10.4.1.pont	Házi vízellátó rendszer szivattyújának kiválasztása	471	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.	Mind	
10.4.2. pont	Áramlás tartályokat összekötő	474	K.10.4.1.; P.10.4.2., 4., 6., 9., 15. – 17.	Mind	

	csőben				
	Feladatok	475			
	Fejezet záró feladatok	477			
	Megoldások	480			
11. Fejezet	Az áramlásba helyezett testekre ható erő	483			Mind
<i>11.1. lecke</i>	<i>Az áramlási eredetű erő keletkezése, a hengere ható erő M: 1F + 4V + 2PP</i>				
11.1.1.pont	Az áramlási eredetű erők keletkezése	485	K.11.1.1.		Mind
11.1.2. pont	A hengerre ható áramlási erő	487	K.11.2., K.11.1.3., T.11.1.1., T.11.1.2., KZ.11.1., TZ.11.1., TZ.11.2., P.11.1.1.	F,G,K,M* P,T*,V*	M,T,V
	Feladatok	493	* csak a gondolatmenet legfontosabb elemei		
<i>11.2. lecke</i>	<i>Szárnyakra és hasábra ható áramlási eredetű erők, a szemcsedinamika alapjai</i>				
11.2.1.pont	Áramlásba helyezett szárny	495	K.11.2.1., T.11.2.2., KZ.11.2., TZ.11.3., P.11.2.1., P.11.2.3.	F,G,K,M* P, T*, V*	E,M,T
11.2.2. pont	Hasábra ható áramlási erő	500	K.11.2.2., P.11.2.2.	G, F, K,	E, M,P, T
11.2.3. pont	Porszemcsék süllyedési sebessége és mozgásuk áramló gázban	503	K.11.2.3., T.11.2.1, KZ.11.3.	G,M** V**	F, M,P,T V
	Feladatok	507	* (11.5)-(11.7) és a 11.6. ábra, **a gondolatmenet és eredménye		
	Fejezet záró feladatok	509			
	Megoldások	511			
12. Fejezet	Összenyomható közegek áramlása, gázdinamika, az akusztika alapjai	513			Mind
<i>12.1. lecke</i>	<i>Az energiaegyenlet, a statikus, a dinamikus és az összhőmérséklet, a Bernoulli-egyenlet alkalmazása M: 5F</i>				
12.1.1.pont	Az energiaegyenlet	515	T.12.1.2., P.12.1.1.	F,G,K,M V*	M, P,T, V
12.1.2. pont	A statikus, a dinamikus és az összhőmérséklet	518	K.12.1.1., T.12.1.1., TZ.12.1., P.12.1.2., P.12.1.3.	mind-P	P
12.1.3. pont	A Bernoulli-egyenlet összenyomható gázokra	519	K.12.1.2., KZ.12.1., P.12.1.4., P.12.1.5.	G,K, V**	F,M, P, T V
	Feladatok	522	* 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 + 7V				
12.2.1.pont	A hang terjedési sebessége	523	K.12.2.1., K.12.2.2., T.12.2.1., T.12.2.2., TZ.12.2.	F,G,K,M* V*	M, P,T, V
12.2.2. pont	Áramlások hasonlósága összenyomható közegek esetén	526	K.12.2.3., KZ.12.2.	F**,G,K M**, V**, V	F, M,P, T
12.2.3. pont	A hullámok terjedése	527	P.12.2.1. – 3.	G	F,K, M,T,V
	Feladatok	532	* (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	533	T.12.3.1., T.12.3.5., P.12.3.3., P.12.3.5.	F,G,K,M* V*	M,P, T,V
12.3.2. pont	Áramlás Laval-csőben	535	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.	F,G,K,M* V*	M,P, T,V
	Feladatok	542	* 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	545	K.12.4.1., T.12.4.3., T.12.4.4.,		Mind
12.4.2. pont	Hangteljesítmény, hangnyomás, intenzitás	549	K.12.4.2., T.12.4.1., T.12.4.2., TZ.12.6.		Mind
	Feladatok	550			
<u>12.5. lecke</u>	<u>Szintek, a hang spektrális jellemzése, irányítottság</u> M: -				
12.5.1.pont	Szintek	552	K.12.5.1., T.12.5.1.		Mind
12.5.2. pont	Műveletek szintekkel	553	K.12.5.2., T.12.5.2. KZ.12.4., KZ.12.5.		Mind
12.5.3.pont	A zaj spektrális jellemzése	554			Mind
12.5.4.pont	Irányítottság	555	K.12.5.3., TZ.12.7.		Mind
	Feladatok	556			
	Fejezet záró feladatok	558			
	Megoldások	561			