UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1997/98

September 1997

EMK 321 - Mekanik Bendalir II

Masa : [3 jam]

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **EMPAT BELAS** muka surat, **TIGA** halaman lampiran dan **TUJUH** soalan yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab **LIMA** soalan sahaja. Pilih sekurang-kurangnya **DUA** soalan dari Bahagian A dan Bahagian B.

Sekurang-kurangnya satu (1) soalan hendaklah dijawab dalam Bahasa Malaysia. Soalan-soalan lain hendaklah dijawab samada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.

Jawapan bagi setiap soalan hendaklah dimulakan dengan muka surat yang baru.

Termasuk Lampiran:

1. Jadual Aliran Bendalir Boleh-Mampat bagi Udara Kering

...2/-

BAHAGIAN A:

S1. [a] **Sebuah susuk lapisan sempadan lamina di atas sebuah plat rata adalah $u = a + by + cy^3$. Tentukan nilai-nilai pemalar a, b dan c dengan menggunakan keadaan sempadan yang sesuai.**

A laminar boundary layer profile on a flat plate is $u = a + by + cy^3$. Determine the values of the constants a, b and c using proper boundary conditions.

(30 markah)

[b] **Bagi susuk di atas, kadar pembentukan lapisan sempadan adalah diungkapkan sebagai:**

Given that for such a profile, the growth rate of the boundary layer is expressed as:

$$\frac{\delta}{x} = 4.64\left[\frac{\mu}{\rho U x}\right]^{1/2}$$

Terbitkan sebuah ungkapan bagi perubahan pemalar geseran kulit tempatan c_f dengan jarak x.

Derive an expression for the variation of the local skin friction coefficient c_f with distance x.

(30 markah)

[c] **Kedua-dua permukaan sebuah plat rata yang nipis 0.75 m lebar dan 2 m panjang adalah terdedah pada suatu arus bendalir yang bergerak pada 4 m/s. Bendalir mempunyai kelikatan 790 kg/m^3 dan kelikatan dinamik 0.003 kg/ms. Tentukan:**

[i] **anjakan ketebalan bagi lapisan sempadan pada pinggir mengekor plat**

[ii] **jumlah daya seretan keluaran**

...3/-

Both surfaces of a thin flat plate 0.75 m wide and 2 m long are exposed to a stream of fluid moving at 4 m/s. The fluid has density 790 kg/m^3 and dynamic viscosity 0.003 kg/ms. Determine:

[i] *the boundary layer displacement thickness at the trailing edge of the plate*

[ii] *the total drag force produced*

(40 markah)

S2. **[a]** **Bagi susuk hukum kuasa adalah dianggapkan sebagai:**

For a power law profile, assumed as:

$$\frac{u}{U} = \left(\frac{y}{\delta}\right)^{\frac{1}{7}}$$

tegasan ricih τ_w pada permukaan sebuah plat boleh diambil sebagai:

the shearing stress τ_w at the surface of a plat may be taken as:

$$\tau_w = 0.0229\, \rho U^2 \left(\frac{U\delta}{\nu}\right)^{-\frac{1}{4}}$$

apabila lapisan sempadan adalah gelora sepenuhnya.

when the boundary layer is fully turbulent.

...4/-

Tunjukkan bahawa dalam kes ini pemalar geseran kulit purata diberi sebagai:

Show that in this case the average skin drag friction coefficient is given by:

$$C_D = \frac{0.074}{Re_L^{\frac{1}{5}}}$$

di sini Re_L = nombor Reynolds berdasarkan ciri panjang L.

where Re_L = Reynolds number based on the characteristic length L.

(40 markah)

[b] **Sebuah pesawat udara membawa sebuah sasaran dalam bentuk silinder geronggang 760 mm garispusat dan 5.5 m panjang. Tentukan kuasa terserap oleh sasaran pada halaju 400 km/j dan kirakan ketebalan bagi lapisan sempadan pada pinggir mengekor dengan menggunakan formula hampiran di atas. Diberi ketumpatan udara dan kelikatan dinamik masing-masing sebagai 1.23 kg/m^3 dan 1.48 x 10^{-5} m^2/s.**

An aircraft tows a target which is in the form of a hollow cylinder 760 mm diameter and 5.5 m long. Estimate the power absorbed by the target at the speed of 400 km/h and calculate the thickness of the boundary layer at the trailing edge using the above approximate formula. Take the air density and kinematic viscosity as 1.23 kg/m^3 and 1.48 x 10^{-5} m^2/s respectively.

(60 markah)

...5/-

S3. [a] **Lakarkan geometri muncung tumpu-capah mengikut cara susunan aliran isotropi, lukis dan terangkan agihan tekanan di sepanjang muncung pada pelbagai tekanan balik nisbi kepada tekanan genangan P_o (P_b/P_o) dan juga nisbah kadar aliran jisim $\left(\frac{\dot{m}}{\dot{m}_{max}}\right)$.**

Sketch the converging-diverging nozzle geometry with possible isentropic flow configuration, draw and explain the pressure distribution along the length of the nozzle at various back pressures with respect to stagnation pressure P_o (P_b/P_o) and also mass flow rate ratio $\left(\frac{\dot{m}}{\dot{m}_{max}}\right)$.

(40 markah)

[b] **Sebuah muncung tumpu-capah kerongkong berdiameter 5 sm dan garispusat bagi salur keluar adalah 10 sm. Bilik makmal adalah sebagai tangki pada 20°C dan 90 kPa mutlak. Udara dipamkan secara malar dari sebuah penerima bagi menghasil kejutan gelombang normal pada satah salur keluar bagi sebuah muncung. Tentukan tekanan penerima dan kadar aliran jisim. (Anggapkan aliran adalah isentropi).**

A converging-diverging nozzle has a throat diameter of 5 cm and an exit diameter of 10 cm. The reservoir is the laboratory maintained at 20°C and 90 kPa absolute. Air is constantly pumped from a receiver so that a normal shock wave stands across the exit plane of the nozzle. Determine the receiver pressure and the mass flow rate. (Assume isentropic flow).

(60 markah)

BAHAGIAN B:

S4. [a] [i] Terangkan perbezaan antara turbin Pelton, Francis dan Kaplan berdasarkan perkara-perkara berikut:

- **jenis aliran**
- **pekerjaan utama**
- **penyusunan bilah**
- **turus**
- **aliran**
- **kecekapan**
- **peraturan sistem**

[i] Explain the difference between Pelton, Francis and Kaplan turbines with respect to:

- *type of flow*
- *principle of working*
- *blade arrangement*
- *head*
- *flow*
- *efficiency*
- *regulation system*

(40 markah)

[b] Turbin hidraulik aliran paksi (kipas) ditunjukkan dalam Rajah S4[b]. Aliran udara ke turbin pada satah yang bersudut tepat dengan aci terpandu oleh ram seperti dalam Rajah. Aliran dihalakan pada arah paksi oleh ram pegun.

Ram pandu dipasang pada sudut 30° dengan arah jejari. Jejari dalaman bagi ram pandu adalah 1.5 m dan ram mempunyai ketinggian 0.45 m. Halaju bendalir pada ram adalah 3.3 m/s. Bilah turbin mempunyai jejari hujung 0.75 m dan jejari hub 0.15 m. Laju pemutar adalah 300 rpm.

Tentukan sudut bilah pada pinggir mengekor bagi bilah kipas pada hub dan hujung. Anggapkan halaju pusat × jejari = malar pada semua bahagian sistem bilahan.

...7/-

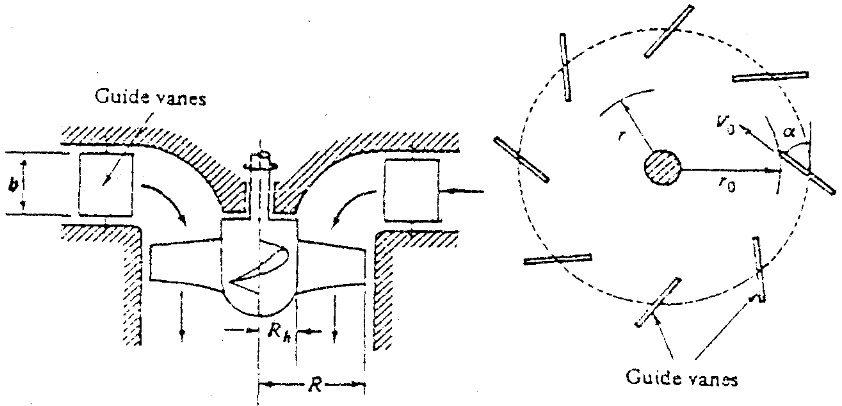
An axial flow (propeller) hydraulic turbine is shown in Figure Q4[b]. The airflow to the turbine is in a plane perpendicular to the shaft and is guided by vanes as indicated in the figure. The flow is turned into axial direction by stationary vanes.

The guide vanes are set at an angle of 30° with respect to radial direction. The inner radius of guide vanes is 1.5 m and the vanes have a height of 0.45 m. The fluid velocity at the vanes is 3.3 m/s.

The turbine blades have a tip radius of 0.75 m and hub radius of 0.15 m. The rotor speed is 300 rpm.

Determine blade angles at leading edge of propeller blades at hub and tip. Assume whirl velocity × radius = constant at all sections of blading system.

(60 markah)



Rajah S4[b]
Figure Q4[b]

S5. [a] [i] **Skim hidroelektrik Bakun adalah sebuah megaprojek di Malaysia. Terangkan pelbagai faktor yang perlu ditekankan dalam skim hidroelektrik tersebut dan sebutkan kebaikan/keburukan mengenai stesyen kuasa terma.**

Bakun hydroelectric scheme is a megaproject of Malaysia. Explain various factors that has to be considered for such a hydroelectric scheme and mention some merits/demerits over thermal power stations.

(20 markah)

[ii] **Bezakan antara mesin pengeluaran kuasa dan mesin penyerapan kuasa dengan memberikan beberapa contoh.**

Differentiate between power producing machines and power absorbing machines with examples.

(20 markah)

[b] **Sebuah turbin Francis digunakan dalam pemasangan bagi mengeluarkan kuasa elektrik. Turbin mempunyai tentuan berikut:**

-	**keluaran kuasa**	**85 MW**
-	**turus tersedia**	**144 m**
-	**jejari luaran bagi bilah pemutar**	**2025 mm**
-	**jejari dalaman bagi bilah pemutar**	**1725 mm**
-	**laju bagi turbin**	**180 rpm**
-	**ketinggian bilah**	**0.45 m**
-	**kecekapan hidraulik**	**95%**
-	**kecekapan keseluruhan**	**90%**

Halaju mutlak keluaran dari pemutar adalah dalam arah jejarian.

Tentukan sudut bagi halaju mutlak dalam arah jejarian pada salur masuk pemutar. Lakarkan rajah halaju pada salur masuk dan salur keluar bagi pemutar.

...9/-

[b] *A Francis turbine is used in an installation to generate electric power. The turbine has the following specifications:-*

-	*power output*	*85 MW*
-	*available head*	*144 m*
-	*outer radius of rotor blades*	*2025 mm*
-	*inner radius of rotor blades*	*1725 mm*
-	*speed of turbine*	*180 rpm*
-	*blade height*	*0.45 m*
-	*hydraulic efficiency*	*95%*
-	*overall efficiency*	*90%*

The absolute volecity leaving the rotor is in radial direction.

Determine angle of absolute velocity with the radial direction at the rotor inlet. Sketch the velocity diagrams at inlet and exit of the rotor.

(60 markah)

S6. **[a]** **[i]** **Rajah salur masuk dan salur keluar bagi sebuah turbin dedenyut (Pelton) ditunjukkan dalam Rajah S6[a]. Apakah kesan bagi halaju mutlak C_2 pada salur masuk dan keluar pada kuasa yang terbina dan kecekapan hidraulik bagi turbin apabila sudut:**

$\alpha_2 = 90°$; $\alpha_2 < 90°$ dan $\alpha_2 > 90°$

The inlet and exit velocity diagrams of an impulse turbine (Pelton) is shown in Figure Q6[a]. What is the effect of absolute velocity C_2 at exit on power developed and hydraulic efficiency of the turbine when angle:

$\alpha_2 = 90°$; $\alpha_2 < 90°$ and $\alpha_2 > 90°$

(20 markah)

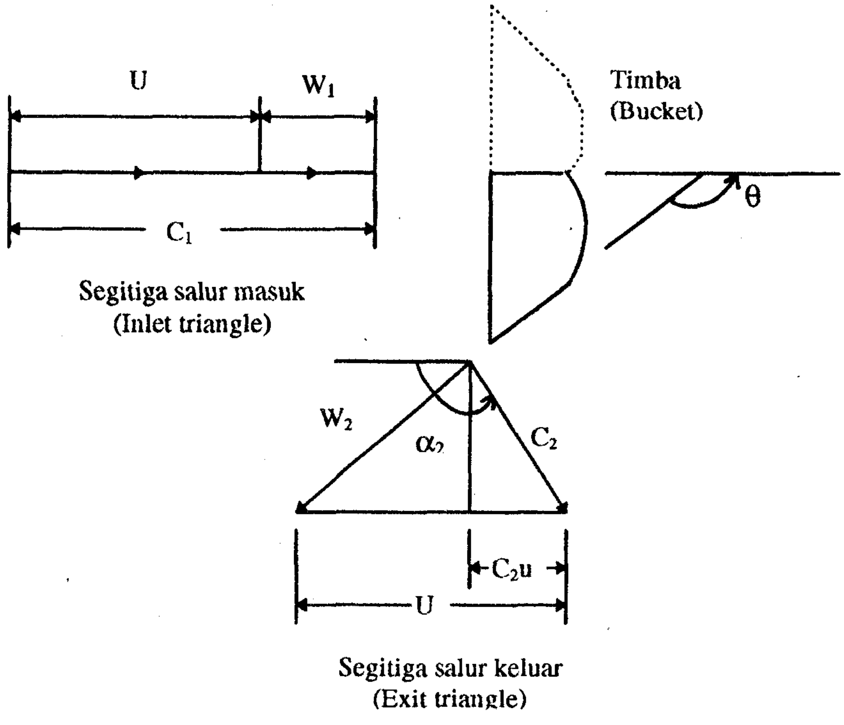
[ii] **Dengan rujukan yang sama dalam Rajah S6[a] lukiskan bentuk bagi timba jika sudut bagi pesongan timba adalah:**

$\theta = 90°$ dan $\theta = 180°$

With reference to the same Figure Q6[a] draw the shape of the bucket if angles of deflection of the bucket are:

$\theta = 90°$ *and* $\theta = 180°$

(20 markah)



Rajah S6[a]
Figure Q6[a]

...11/-

[b] **Pemasangan turbin Pelton yang terbesar di dunia adalah terletak di San Carlos (Columbia). Ia terdiri daripada 8 turbin Pelton Escher Wyss dengan penjana Toshiba seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S6[b]. Enam muncung agihan paip adalah terbenam sepenuhnya dalam konkrit. 23.5 tan pelari mempunyai 22 timba dengan 800 mm lebar. Data teknik bagi roda Pelton tersebut diberikan di bawah:**

-	**turus operasi**	**587 m**
-	**keluaran setiap turbin**	**174.7 MW**
-	**laju**	**300 rpm**
-	**garispusat pelari**	**4100 mm**
-	**pemalar halaju nisbi**	**0.85**
-	**sudut bagi pesongan timba**	**160°**

Kirakan:

[i] kecekapan hidraulik
[ii] garispusat bagi jet
[iii] kadar aliran
[iv] kecekapan keseluruhan

The world's largest Pelton turbine installation is located in San Carlos (Colombia). It consists of 8 Escher Wyss Pelton turbines with Toshiba generators as shown in Figure Q6[b]. The six nozzle distributing pipe is completely embedded in concrete. The 23.5 tonne runner has 22 buckets of 800 mm width. The technical data of Pelton wheel is given below:

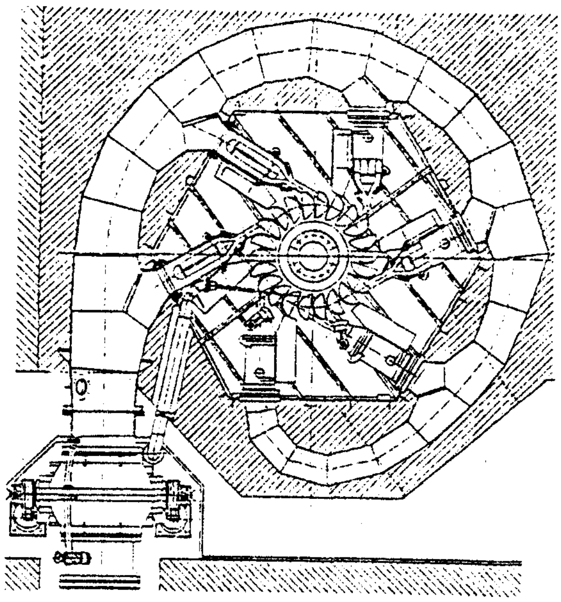
-	*operating head*	*587 m*
-	*output per turbine*	*174.7 MW*
-	*speed*	*300 rpm*
-	*runner diameter*	*4100 mm*
-	*relative velocity coefficient*	*0.85*
-	*angle of deflection of buckets*	*160°*

...12/-

Calculate:

[i] *hydraulic efficiency*
[ii] *diameter of the jet*
[iii] *flow rate*
[iv] *overall efficiency*

(60 markah)



Rajah S6[b]
Figure Q6[b]

S7. [a] [i] Terangkan bagaimana ciri-ciri bagi sebuah pam empar boleh terubah dengan perubahan sudut salur keluar ram. Lakarkan susuk ram.

Explain how characteristics of a centrifugal pump can be altered by changing exit vane angle. Sketch the vane profiles.

(20 markah)

[ii] **Terangkan operasi bagi pam empar dalam jujukan dan selari.**

Explain operation of centrifugal pumps in series and in parallel.

(20 markah)

[b] **Sebuah pam empar bergerak pada 1400 rpm mempunyai ciri-ciri seperti dinyatakan di bawah:**

A centrifugal pump running at 1400 rpm has the characteristics as indicated below:

Kadar aliran *Flow rate* (m^3/hr)	45	67.3	90	112.6	135	157.6	180
Turus *Head* (m)	28.3	27.4	26.4	25	23.4	20.7	18.0
Kecekapan *Efficiency* (ζ %)	65	70	73	74	72	69	63

Lukiskan ciri-ciri operasi bagi pam dan tentukan:

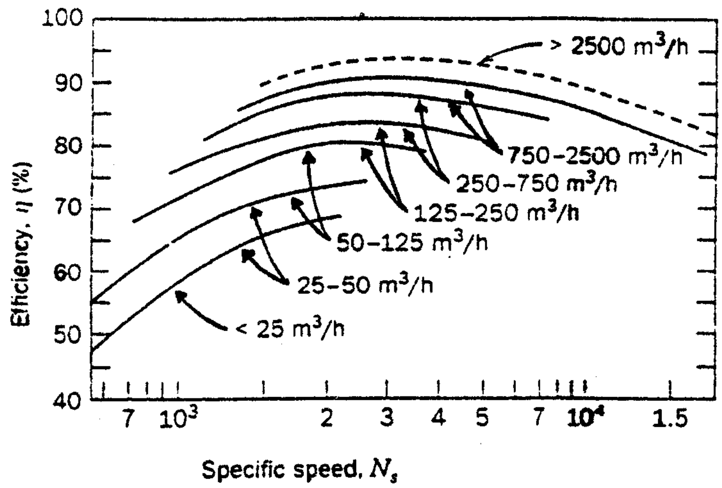
- **turus dan kadar aliran pada kecekapan maksimum**
- **laju tentu bagi pam dan**
- **dengan menggunakan graf kecekapan purata pam dagangan lawan laju tentu dalam Rajah S7[b], tentukan kuasa bagi motor elektrik.**

Draw operating characteristics of the pump and determine:

- *head and flow rate at maximum efficiency*
- *sp. speed of the pump and*
- *using graphs of average efficiencies of commercial pumps with sp. speed represented in Figure Q7[b], determine power of electric motor.*

(60 markah)

...14/-



Rajah S7[b]
Figure Q7[b]

- oooOOOooo -

EMK321 MEKANIK BENDALIR II

JADUAL

ALIRAN BENDALIR BOLEH-MAMPAT

BAGI UDARA KERING

(γ= *1.4*)

ISENTROPIC FLOW OF DRY AIR WITH PRANDTL-MEYER EXPANSION ANGLES
(FOR EQUAL INCREMENTS OF MACH NUMBER FROM 0 TO 4.00)

M	p_0/p	ρ_0/ρ	T_0/T	A/A^*	u/c	μ	θ	ν
2·71	23·612	9·522	2·480	3·201	0·7725	21·65	112·05	43·71
2·72	23·977	9·626	2·491	3·231	0·7736	21·57	112·35	43·92
2·73	24·347	9·732	2·502	3·262	0·7748	21·49	112·65	44·13
2·74	24·723	9·839	2·513	3·293	0·7759	21·41	112·94	44·35
2·75	25·104	9·947	2·524	3·324	0·7770	21·32	113·24	44·56
2·76	25·490	10·056	2·535	3·356	0·7781	21·24	113·53	44·77
2·77	25·882	10·166	2·546	3·388	0·7793	21·16	113·82	44·98
2·78	26·280	10·277	2·557	3·420	0·7804	21·08	114·11	45·19
2·79	26·684	10·389	2·568	3·452	0·7815	21·00	114·40	45·40
2·80	27·094	10·502	2·580	3·485	0·7825	20·92	114·68	45·61
2·81	27·509	10·617	2·591	3·518	0·7836	20·85	114·97	45·81
2·82	27·931	10·733	2·602	3·552	0·7847	20·77	115·25	46·02
2·83	28·359	10·850	2·614	3·586	0·7858	20·69	115·53	46·23
2·84	28·792	10·968	2·625	3·620	0·7868	20·62	115·81	46·43
2·85	29·233	11·087	2·637	3·654	0·7879	20·54	116·09	46·63
2·86	29·679	11·207	2·648	3·689	0·7889	20·47	116·37	46·84
2·87	30·132	11·329	2·660	3·724	0·7900	20·39	116·65	47·04
2·88	30·591	11·452	2·671	3·760	0·7910	20·32	116·92	47·24
2·89	31·057	11·576	2·683	3·796	0·7920	20·24	117·20	47·44
2·90	31·530	11·701	2·695	3·832	0·7930	20·17	117·47	47·64
2·91	32·010	11·828	2·706	3·868	0·7940	20·10	117·74	47·84
2·92	32·496	11·956	2·718	3·905	0·7950	20·03	118·01	48·04
2·93	32·989	12·085	2·730	3·942	0·7960	19·96	118·28	48·24
2·94	33·490	12·215	2·742	3·980	0·7970	19·89	118·55	48·43
2·95	33·997	12·347	2·754	4·018	0·7980	19·81	118·81	48·63
2·96	34·512	12·480	2·765	4·056	0·7990	19·75	119·08	48·83
2·97	35·034	12·614	2·777	4·095	0·8000	19·68	119·34	49·02
2·98	35·563	12·749	2·789	4·134	0·8009	19·61	119·61	49·21
2·99	36·100	12·886	2·801	4·173	0·8019	19·54	119·87	49·41
3·00	36·644	13·024	2·813	4·213	0·8029	19·47	120·13	49·60
3·01	37·196	13·164	2·826	4·253	0·8038	19·40	120·39	49·79
3·02	37·756	13·305	2·838	4·293	0·8047	19·34	120·64	49·98
3·03	38·324	13·447	2·850	4·334	0·8057	19·27	120·90	50·17
3·04	38·899	13·591	2·862	4·376	0·8066	19·20	121·16	50·36
3·05	39·483	13·736	2·874	4·417	0·8075	19·14	121·41	50·55
3·06	40·075	13·882	2·887	4·459	0·8085	19·07	121·66	50·74
3·07	40·675	14·030	2·899	4·502	0·8094	19·01	121·91	50·92
3·08	41·283	14·179	2·912	4·544	0·8103	18·95	122·17	51·11
3·09	41·900	14·330	2·924	4·588	0·8112	18·88	122·41	51·30
3·10	42·526	14·482	2·936	4·631	0·8121	18·82	122·66	51·48
3·11	43·160	14·636	2·949	4·675	0·8130	18·76	122·91	51·67
3·12	43·803	14·791	2·961	4·720	0·8138	18·69	123·16	51·85
3·13	44·455	14·948	2·974	4·764	0·8147	18·63	123·40	52·03
3·14	45·116	15·106	2·987	4·810	0·8156	18·57	123·64	52·22
3·15	45·786	15·265	2·999	4·855	0·8165	18·51	123·89	52·40

ISENTROPIC FLOW OF DRY AIR WITH PRANDTL-MEYER EXPANSION ANGLES
(FOR EQUAL INCREMENTS OF MACH NUMBER FROM 0 TO 4.00)

M	p_0/p	ρ_0/ρ	T_0/T	A/A^*	u/c	μ	θ	ν
3·16	46·465	15·426	3·012	4·901	0·8173	18·45	124·13	52·58
3·17	47·154	15·589	3·025	4·948	0·8182	18·39	124·37	52·76
3·18	47·852	15·753	3·038	4·995	0·8190	18·33	124·61	52·94
3·19	48·560	15·919	3·050	5·042	0·8199	18·27	124·85	53·12
3·20	49·277	16·086	3·063	5·090	0·8207	18·21	125·08	53·29
3·21	50·004	16·255	3·076	5·138	0·8215	18·15	125·32	53·47
3·22	50·741	16·425	3·089	5·187	0·8224	18·09	125·55	53·65
3·23	51·488	16·597	3·102	5·236	0·8232	18·03	125·79	53·82
3·24	52·246	16·771	3·115	5·285	0·8240	17·98	126·02	54·00
3·25	53·013	16·946	3·128	5·335	0·8248	17·92	126·25	54·17
3·26	53·791	17·123	3·141	5·386	0·8256	17·86	126·48	54·35
3·27	54·579	17·301	3·155	5·437	0·8264	17·81	126·71	54·52
3·28	55·379	17·482	3·168	5·488	0·8272	17·75	126·94	54·69
3·29	56·188	17·663	3·181	5·540	0·8280	17·70	127·17	54·87
3·30	57·009	17·847	3·194	5·592	0·8288	17·64	127·40	55·04
3·31	57·841	18·032	3·208	5·645	0·8296	17·58	127·62	55·21
3·32	58·684	18·219	3·221	5·698	0·8304	17·53	127·85	55·38
3·33	59·538	18·408	3·234	5·751	0·8312	17·48	128·07	55·55
3·34	60·404	18·598	3·248	5·805	0·8319	17·42	128·29	55·72
3·35	61·281	18·790	3·261	5·860	0·8327	17·37	128·52	55·88
3·36	62·170	18·984	3·275	5·915	0·8335	17·31	128·74	56·05
3·37	63·071	19·180	3·288	5·971	0·8342	17·26	128·96	56·22
3·38	63·984	19·377	3·302	6·027	0·8350	17·21	129·17	56·38
3·39	64·909	19·577	3·316	6·083	0·8357	17·16	129·39	56·55
3·40	65·846	19·778	3·329	6·140	0·8364	17·10	129·61	56·71
3·41	66·796	19·981	3·343	6·198	0·8372	17·05	129·82	56·88
3·42	67·758	20·185	3·357	6·256	0·8379	17·00	130·04	57·04
3·43	68·733	20·392	3·371	6·314	0·8386	16·95	130·25	57·20
3·44	69·721	20·600	3·384	6·373	0·8394	16·90	130·47	57·37
3·45	70·722	20·811	3·398	6·433	0·8401	16·85	130·68	57·53
3·46	71·736	21·023	3·412	6·493	0·8408	16·80	130·89	57·69
3·47	72·763	21·237	3·426	6·554	0·8415	16·75	131·10	57·85
3·48	73·803	21·453	3·440	6·615	0·8422	16·70	131·31	58·01
3·49	74·858	21·671	3·454	6·676	0·8429	16·65	131·52	58·17
3·50	75·926	21·891	3·468	6·739	0·8436	16·60	131·73	58·33
3·51	77·008	22·113	3·483	6·801	0·8443	16·55	131·93	58·49
3·52	78·104	22·337	3·497	6·865	0·8450	16·50	132·14	58·64
3·53	79·214	22·562	3·511	6·928	0·8457	16·46	132·34	58·80
3·54	80·339	22·790	3·525	6·993	0·8464	16·41	132·55	58·96
3·55	81·478	23·020	3·539	7·058	0·8470	16·36	132·75	59·11
3·56	82·632	23·252	3·554	7·123	0·8477	16·31	132·95	59·27
3·57	83·801	23·486	3·568	7·189	0·8484	16·27	133·15	59·42
3·58	84·985	23·722	3·583	7·256	0·8490	16·22	133·35	59·57
3·59	86·184	23·960	3·597	7·323	0·8497	16·17	133·55	59·73
3·60	87·398	24·200	3·611	7·390	0·8504	16·13	133·75	59·88

ALIRAN UDARA KERING MELALUI SEBUAH SATAH KEJUTAN GELOMBANG NORMAL

FLOW OF DRY AIR THROUGH A PLANE NORMAL SHOCK WAVE

M_1	p_2/p_1	ρ_2/ρ_1	T_2/T_1	M_2	u_2/u_1	$\Delta S/c_v$	p_{02}/p_1
2·81	9·0526	3·6615	2·4724	0·4881	0·2731	0·3821	10·6577
2·82	9·1184	3·6715	2·4835	0·4874	0·2724	0·3855	10·7302
2·83	9·1843	3·6815	2·4947	0·4867	0·2716	0·3889	10·8029
2·84	9·2506	3·6914	2·5060	0·4860	0·2709	0·3923	10·8759
2·85	9·3170	3·7013	2·5172	0·4853	0·2702	0·3958	10·9492
2·86	9·3837	3·7111	2·5285	0·4846	0·2695	0·3992	11·0227
2·87	9·4506	3·7209	2·5399	0·4840	0·2688	0·4026	11·0965
2·88	9·5177	3·7306	2·5512	0·4833	0·2681	0·4060	11·1706
2·89	9·5851	3·7403	2·5627	0·4827	0·2674	0·4094	11·2449
2·90	9·6527	3·7499	2·5741	0·4820	0·2667	0·4128	11·3195
2·91	9·7206	3·7595	2·5856	0·4814	0·2660	0·4163	11·3943
2·92	9·7886	3·7690	2·5971	0·4807	0·2653	0·4197	11·4694
2·93	9·8569	3·7785	2·6087	0·4801	0·2647	0·4231	11·5447
2·94	9·9255	3·7879	2·6203	0·4795	0·2640	0·4266	11·6203
2·95	9·9943	3·7973	2·6319	0·4789	0·2633	0·4300	11·6962
2·96	10·0633	3·8066	2·6436	0·4782	0·2627	0·4334	11·7723
2·97	10·1325	3·8159	2·6553	0·4776	0·2621	0·4369	11·8487
2·98	10·2020	3·8251	2·6671	0·4770	0·2614	0·4403	11·9254
2·99	10·2717	3·8343	2·6789	0·4764	0·2608	0·4438	12·0023
3·00	10·3417	3·8434	2·6907	0·4758	0·2602	0·4472	12·0794
3·01	10·4118	3·8525	2·7026	0·4753	0·2596	0·4507	12·1568
3·02	10·4822	3·8616	2·7145	0·4747	0·2590	0·4541	12·2345
3·03	10·5529	3·8705	2·7265	0·4741	0·2584	0·4576	12·3125
3·04	10·6238	3·8795	2·7385	0·4735	0·2578	0·4610	12·3906
3·05	10·6949	3·8884	2·7505	0·4730	0·2572	0·4645	12·4091
3·06	10·7662	3·8972	2·7625	0·4724	0·2566	0·4680	12·5478
3·07	10·8378	3·9060	2·7746	0·4718	0·2560	0·4714	12·6268
3·08	10·9096	3·9148	2·7868	0·4713	0·2554	0·4749	12·7060
3·09	10·9817	3·9235	2·7990	0·4707	0·2549	0·4784	12·7855
3·10	11·0540	3·9321	2·8112	0·4702	0·2543	0·4818	12·8653
3·11	11·1265	3·9408	2·8234	0·4697	0·2538	0·4853	12·9453
3·12	11·1992	3·9493	2·8357	0·4691	0·2532	0·4888	13·0255
3·13	11·2722	3·9579	2·8481	0·4686	0·2527	0·4922	13·1060
3·14	11·3454	3·9663	2·8604	0·4681	0·2521	0·4957	13·1868
3·15	11·4189	3·9748	2·8728	0·4676	0·2516	0·4992	13·2679
3·16	11·4925	3·9832	2·8853	0·4671	0·2511	0·5026	13·3492
3·17	11·5665	3·9915	2·8978	0·4665	0·2505	0·5061	13·4307
3·18	11·6406	3·9998	2·9103	0·4660	0·2500	0·5096	13·5125
3·19	11·7150	4·0081	2·9228	0·4655	0·2495	0·5131	13·5946
3·20	11·7896	4·0163	2·9354	0·4650	0·2490	0·5165	13·6770
3·21	11·8645	4·0245	2·9481	0·4645	0·2485	0·5200	13·7595
3·22	11·9395	4·0326	2·9608	0·4641	0·2480	0·5235	13·8424
3·23	12·0149	4·0407	2·9735	0·4636	0·2475	0·5270	13·9255
3·24	12·0904	4·0487	2·9862	0·4631	0·2470	0·5305	14·0089
3·25	12·1662	4·0567	2·9990	0·4626	0·2465	0·5339	14·0925

FLOW OF DRY AIR THROUGH A PLANE NORMAL SHOCK WAVE

M_1	p_2/p_1	ρ_2/ρ_1	T_2/T_1	M_2	u_2/u_1	$\Delta S/c_v$	p_{02}/p_1
3·26	12·2422	4·0647	3·0118	0·4621	0·2460	0·5374	14·1764
3·27	12·3185	4·0726	3·0247	0·4617	0·2455	0·5409	14·2605
3·28	12·3950	4·0805	3·0376	0·4612	0·2451	0·5444	14·3449
3·29	12·4717	4·0883	3·0506	0·4607	0·2446	0·5478	14·4296
3·30	12·5486	4·0961	3·0635	0·4603	0·2441	0·5513	14·5145
3·31	12·6258	4·1039	3·0766	0·4598	0·2437	0·5548	14·5997
3·32	12·7032	4·1116	3·0896	0·4594	0·2432	0·5583	14·6851
3·33	12·7809	4·1192	3·1027	0·4589	0·2428	0·5618	14·7708
3·34	12·8588	4·1269	3·1159	0·4585	0·2423	0·5652	14·8568
3·35	12·9369	4·1345	3·1290	0·4581	0·2419	0·5687	14·9430
3·36	13·0152	4·1420	3·1423	0·4576	0·2414	0·5722	15·0295
3·37	13·0938	4·1495	3·1555	0·4572	0·2410	0·5757	15·1162
3·38	13·1726	4·1570	3·1688	0·4568	0·2406	0·5792	15·2032
3·39	13·2517	4·1644	3·1821	0·4563	0·2401	0·5826	15·2904
3·40	13·3310	4·1718	3·1955	0·4559	0·2397	0·5861	15·3779
3·41	13·4105	4·1792	3·2089	0·4555	0·2393	0·5896	15·4657
3·42	13·4903	4·1865	3·2224	0·4551	0·2389	0·5931	15·5537
3·43	13·5702	4·1937	3·2358	0·4547	0·2385	0·5965	15·6420
3·44	13·6505	4·2010	3·2494	0·4543	0·2380	0·6000	15·7306
3·45	13·7309	4·2082	3·2629	0·4539	0·2376	0·6035	15·8193
3·46	13·8116	4·2153	3·2765	0·4535	0·2372	0·6070	15·9084
3·47	13·8925	4·2225	3·2902	0·4531	0·2368	0·6104	15·9977
3·48	13·9737	4·2295	3·3038	0·4527	0·2364	0·6139	16·0873
3·49	14·0551	4·2366	3·3176	0·4523	0·2360	0·6174	16·1771
3·50	14·1367	4·2436	3·3313	0·4519	0·2356	0·6209	16·2672
3·51	14·2186	4·2506	3·3451	0·4515	0·2353	0·6243	16·3576
3·52	14·3007	4·2575	3·3589	0·4511	0·2349	0·6278	16·4482
3·53	14·3830	4·2644	3·3728	0·4507	0·2345	0·6313	16·5390
3·54	14·4655	4·2713	3·3867	0·4504	0·2341	0·6347	16·6302
3·55	14·5485	4·2781	3·4007	0·4500	0·2337	0·6382	16·7215
3·56	14·6313	4·2849	3·4146	0·4496	0·2334	0·6417	16·8132
3·57	14·7146	4·2916	3·4287	0·4492	0·2330	0·6451	16·9051
3·58	14·7981	4·2984	3·4427	0·4489	0·2326	0·6486	16·9972
3·59	14·8818	4·3050	3·4568	0·4485	0·2323	0·6521	17·0897
3·60	14·9658	4·3117	3·4710	0·4482	0·2319	0·6555	17·1823
3·61	15·0500	4·3183	3·4851	0·4478	0·2316	0·6590	17·2753
3·62	15·1344	4·3249	3·4994	0·4474	0·2312	0·6624	17·3684
3·63	15·2191	4·3314	3·5136	0·4471	0·2309	0·6659	17·4619
3·64	15·3039	4·3380	3·5279	0·4467	0·2305	0·6693	17·5556
3·65	15·3891	4·3444	3·5423	0·4464	0·2302	0·6728	17·6496
3·66	15·4744	4·3509	3·5566	0·4461	0·2298	0·6763	17·7438
3·67	15·5600	4·3573	3·5710	0·4457	0·2295	0·6797	17·8383
3·68	15·6458	4·3637	3·5855	0·4454	0·2292	0·6831	17·9330
3·69	15·7319	4·3700	3·6000	0·4450	0·2288	0·6866	18·0280
3·70	15·8182	4·3763	3·6145	0·4447	0·2285	0·6900	18·1233