

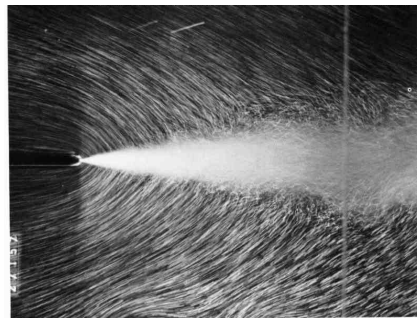
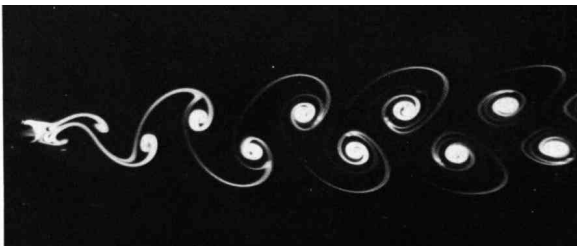
Name:..... Vorname:..... Punkte:....

Matr.-Nr.: ..... MB-DI / MB-DII / IP-DII / WIW-DII  
BSc-MB / BSc-MBD / BSc-BIBME

## KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE

### Fragenteil

- 1) Zylindernachlauf und Freistrahl: Was ist zu sehen, Streichlinien, Stromlinien oder Pfadlinien? Begründen Sie Ihre Antwort. (4P)



- 2) Wie ist eine Stromröhre definiert? (1P)
- 3) Aus wie vielen Gleichungen und Unbekannten bestehen die inkompressiblen Navier-Stokes-Gleichungen? (2P)
- 4) Wie groß ist die Wandschubspannung im Ablösepunkt? (1P)
- 5) Benötigen wir den Höhenanteil in der kompressiblen Bernoulligleichung für die Umströmung eines Flugzeuges (ideales Gas)? Schätzen sie die Terme gegeneinander ab. Geg.:  $U_\infty=200\text{m/s}$ ,  $g=10\text{m/s}^2$ , Flugzeughöhe=5m,  $c_p=1000\text{ J/(kgK)}$  (Referenzpunkt: Unterseite des Flugzeuges) (4P)
- 6) Welche Elementarlösung benötigen wir in der Potentialtheorie, um Auftrieb zu beschreiben? (1P)
- 7) Welche Randbedingung für die Geschwindigkeit muss in reibungsbehafteten und in reibungsfreien Strömungen gesetzt werden? (2P)

8) Gegeben ist folgende Gleichung,

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial u_j p}{\partial x_j} = (\gamma - 1) \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \kappa \frac{\partial T}{\partial x_j} \right)$$

die in einer Grenzschicht gelöst werden soll. Sie kennen ausserdem Referenzgrößen  $\rho_\infty$ ,  $U_\infty$ , und  $T_\infty$ ,  $\kappa$  ist die Wärmeleitfähigkeit (konstant hier).

a) Wie ist die Péclet-Zahl definiert, wie können wir diese interpretieren? (2P)

b) Führen Sie diese Gleichung in eine dimensionslose Form über, unter Verwendung bekannter Kennzahlen und der Referenzgrößen (Hinweis: Eckert-Zahl  $E_c = u_\infty^2 / (c_p T_\infty)$ ) (6P)

c) Formulieren Sie die Gleichung in Operatorform. (2P)

9) Wie ist die Wirbelstärke definiert? (1P)

10) Was ist die Bedingung an die Geschwindigkeit für eine inkompressible Strömung (Konsequenz der Kontinuitätsgleichung)? (1P)

Total 27 Punkte

Name: .....  
Vorname: .....  
Matr.-Nr.: .....

MB-DI / MB-DII / IP-DII / WIW-DII  
BSc-MB / BSc-MBD / BSc-BIBME

Aufg.	Punkte
1	
2	
3	
4	
Σ	

## KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE

Achtung: Bearbeiten Sie **entweder** Aufgabe 1 **oder** 4! Aufgaben 2 und 3 sind Pflicht!

1) Gegeben ist ein zweidimensionales Strömungsfeld in kartesischen Koordinaten mit den Geschwindigkeitskomponenten ( $a$ =konstant)

$$u(x, y) = U_\infty + \frac{E}{2\pi} \left[ \frac{x+a}{(x+a)^2 + y^2} - \frac{x-a}{(x-a)^2 + y^2} \right]$$

$$v(x, y) = \frac{E}{2\pi} \left[ \frac{y}{(x+a)^2 + y^2} - \frac{y}{(x-a)^2 + y^2} \right]$$

- Aus welchen Elementarlösungen setzt sich die Strömung zusammen? Geben Sie das **Potential** des Strömungsfeldes an.
- Berechnen Sie die Staupunkte des Strömungsfeldes, wobei  $E/U_\infty = 3a\pi$ .
- Versuchen Sie qualitativ das Stromlinienbild zu skizzieren (Hinweis, machen Sie sich den Effekt der Einzellösungen bewusst und kombinieren Sie die drei).
- Stellen Sie sich nun zwei Wände vor die die Quellen von zwei Seiten eingrenzen, so dass sich die Singularitäten in einem Kanal befinden. Wie müssen zusätzliche Elementarlösungen hinzugefügt werden, damit die Randbedingungen an den Wänden erfüllt werden (Beschreibung und Skizze reicht)?
- Führen Sie nun eine Taylorreihenentwicklung der Geschwindigkeiten in einem der Staupunkte mit  $x_{st} > 0$  durch (Abbruch nach linearem Term). Sollten Sie b) nicht gelöst haben, setzen Sie  $(x_{st}, y_{st}) = (2a, 0)$ . Welche Strömung wird mit diesen Geschwindigkeitskomponenten lokal in der Nähe des Staupunktes beschrieben?

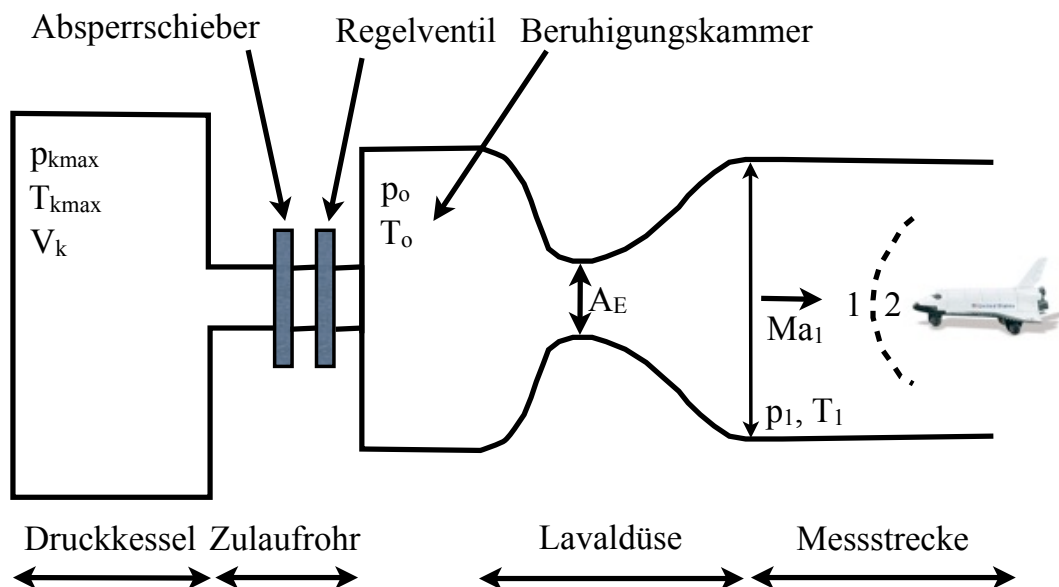
Hinweis: Entwicklung einer Funktion um  $(x', y')$ :

$$f(x, y) = f(x', y') + \frac{\partial f}{\partial x} \Big|_{x', y'} (x - x') + \frac{\partial f}{\partial y} \Big|_{x', y'} (y - y') +$$

$$\frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \Big|_{x', y'} (x - x')^2 + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \Big|_{x', y'} (y - y')^2 + \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \Big|_{x', y'} (x - x')(y - y') + \dots$$

2)

Ein Modellversuch mit Überschallanströmung in einem mit Luft betriebenen Druckspeicherwindkanal soll durchgeführt und relevante Strömungsgrößen bestimmt werden. Das im Druckkessel gespeicherte Fluid wird durch ein Zulaufrohr der Beruhigungskammer zugeführt, in der Lavaldüse beschleunigt und in der Messstrecke auf den Druck  $p_1$  entspannt. Nachdem die Strömung durch einen Absperrschieber in Gang gebracht wird, erfolgt ein isothermes Absinken des Kesseldrucks, so dass ein Regelventil den Ruhedruck  $p_0$  in der Beruhigungskammer konstant halten muss. Vor dem Modell stellt sich ein abgehobener Verdichtungsstoß ein. Für die Meßstrecke wird eine Eulerzahl von  $Eu_1 = 0.13$  gefordert.

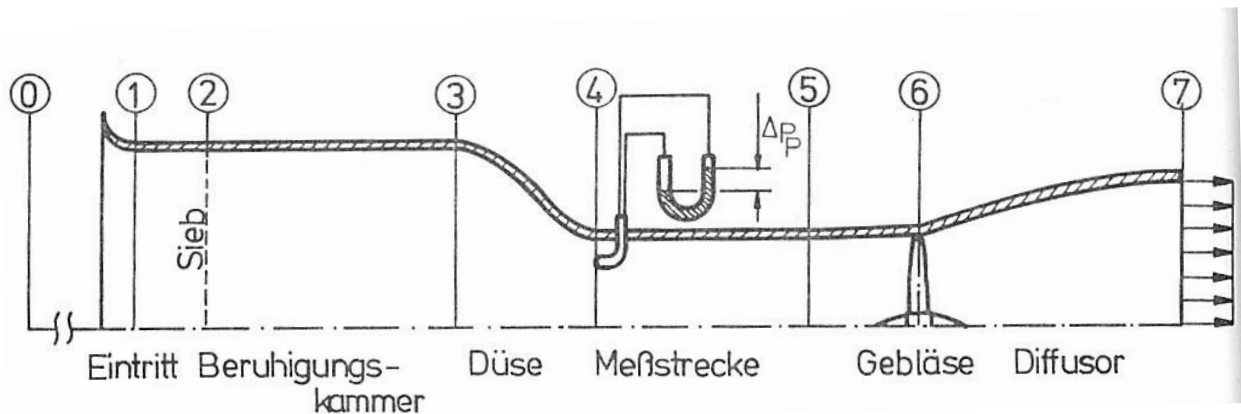


**Geg.:**  $\gamma=1.4$ ,  $T_K=400K$ , Volumen  $V_K=50 \text{ m}^3$ ,  $T_0=400 \text{ K}$ ,  $p_0=2.8\text{bar}$ ,  $p_{k,max}=20\text{bar}$ ,  $Eu_1 = p_1/(\rho_1 \cdot u_1^2)$   
 $A_1 = 0.09 \text{ m}^2$ ,  $R=287 \text{ J/kg/K}$ ,  $\mu=\mu(T)$  (Bem.:  $u_1$  Geschwindigkeit,  $T$  Temperatur,  $\mu$  Viskosität)

Geben Sie bitte alle benutzten Formeln an, auch wenn Sie die Berechnung mit der Tabelle durchführen (Tabelle ist am Ende angehängt)!

- Nennen Sie zwei Möglichkeiten, wie die Machzahl  $Ma_1$  in der Messstrecke erhöht werden kann (kurze formelmäßige Begründung).
- Welche Temperatur tritt im Modellstaupunkt auf? Welche Machzahl wird in der Messstrecke unmittelbar vor dem Stoss erreicht? (Notfallwert:  $Ma_1= 2.34$ )
- Wie groß ist der Totaldruckverlust über den Stoss? Berechnen Sie dazu zuerst  $Ma_2$ , sowie die Verhältnisse  $p_2/p_1$ ,  $p_{01}/p_1$ ,  $p_{02}/p_2$  und daraus dann den Totaldruckverlust. Wie gross ist der engste Querschnitt?
- Wie groß ist die **maximale** Austrittsgeschwindigkeit aus der Düse? (Hinweis: kompressible Bernoulligleichung, für  $T_1 \rightarrow 0$ , nur Formel).
- Durch **isotherme** Erhöhung des Ruhedruckes  $p_0$  auf  $p_0'=4.2\text{bar}$  soll bei konstanter Machzahl  $Ma_1$  und **gleichen** geometrischen Verhältnissen die Modellreynoldszahl variiert werden. Ermitteln Sie das Verhältnis der Reynoldszahlen für die Ruhedrucke  $p_0=2.8\text{bar}$  und  $p_0'=4.2\text{bar}$ .

3)



Es soll der skizzierte offene Windkanal untersucht werden. Der Kanal besteht aus quadratischen (1-5) und kreisförmigen (6-7) Querschnitten. Alle Wände sind fluidmechanisch glatt, die Strömung inkompressibel. Drücke und Geschwindigkeiten sind über den Querschnitt konstant. Die Messstrecke hat einen Querschnitt von  $1\text{ m} \times 1\text{ m}$  und eine Länge von  $2\text{ m}$ . Ein Prandtl-Rohr am Messstreckeneintritt liefert eine dynamische Druckdifferenz, die am U-Rohrmanometer mit  $\Delta p_p$  abgelesen werden kann. Die Druckdifferenz des Gebläses wird vernachlässigt.

Geg.:  $A_3/A_4=4$ ,  $A_5 = A_6$ ,  $A_7/A_6=3$ ,

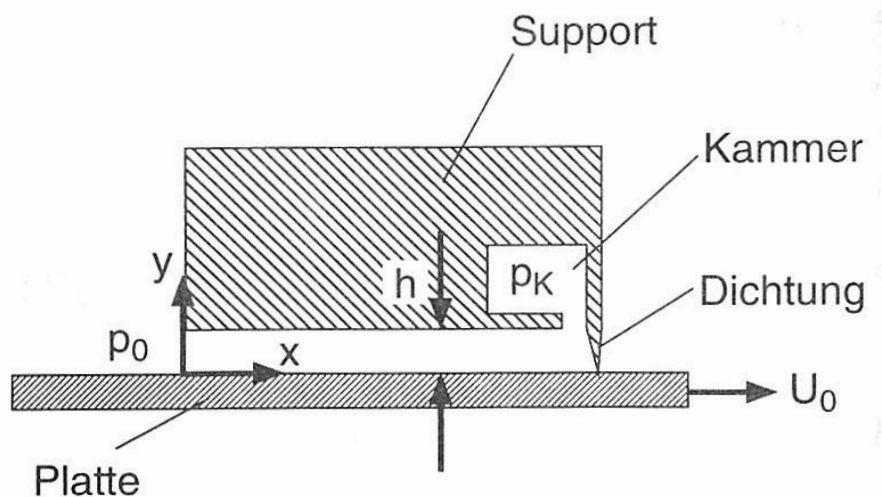
$$v=1.5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}, g=10 \text{ m/s}^2, F_{\text{Diffusor}}/A_6=400 \text{ N/m}^2, \rho_{\text{Luft}}=1.2 \text{ kg/m}^3, \rho_{\text{Wasser}}=1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta p_p = 54 \text{ mm} \cdot \text{W} \cdot \text{s}$$

Seitenlänge Beruhigungskammer:  $2\text{ m}$

- Wie groß sind die Geschwindigkeit in der Messstrecke und der Beruhigungskammer?
- Berechnen Sie die Reynoldszahlen in Beruhigungskammer und Messstrecke. Würden Sie die Strömung als laminar oder turbulent betrachten?
- Auf den Austrittsdiffusor (6-7) wirkt eine bezogene Kraft  $F_{\text{Diffusor}}/A_6=400 \text{ N/m}^2$ . Wie groß ist der durch Reibung bedingte Druckverlust  $\Delta p_{v67}$ ? Legen Sie dazu Kontrollflächen in geeigneter Weise um den Diffusor (Hinweis:  $\Delta p_{v67}$  bewirkt eine **Reduktion** der spezifischen mechanischen Energie der Strömung und muss deshalb in der Bernoulli-Gleichung berücksichtigt werden)
- Nimmt der Druck über den Diffusor zu oder ab? Wie groß ist  $u_7$  als Funktion der Flächen und der Druckdifferenz über den Diffusor?
- Was passiert in einem Diffusor in einer realen Strömung in Wandnähe?

4)



Die Skizze zeigt einen Teil einer Schleifmaschine. Zwischen dem ruhenden Support und der mit konstanter Geschwindigkeit  $U_0$  sich bewegenden horizontalen Platte befindet sich ein konstanter, mit Öl (Newton'sches Fluid, Viskosität  $\mu$  (konstant)) gefüllter Spalt (Tiefe  $b$ , Höhe  $h$ ). Der Spalt mündet in eine Kammer die mit ölundurchlässiger Dichtung versehen ist. Am linken Spaltrand herrscht der Druck  $p_0$  in der Kammer  $p_K$ .

Die Spaltströmung sei *stationär, laminar, voll ausgebildet*, Ein- und Ausströmeffekte sind zu vernachlässigen.

Gegeben:  $U_0$ ,  $b$ ,  $h$ ,  $\mu$

- a) Welche Terme der Navier-Stokes-Gleichung bleiben in der betrachteten Konfiguration in Strömungsrichtung erhalten?

Hinweis:

$$\rho \left( \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} \right) = -\nabla p + \mu \Delta \mathbf{u}$$

- b) Geben Sie die Randbedingungen an?
- c) Bestimmen Sie die Geschwindigkeitsverteilung  $u(y, dp/dx)$  im Spalt.
- d) Wie groß ist der Volumenstrom  $Q(dp/dx)$  im Spalt?
- e) Für eine vollständig gefüllte Kammer, wie groß ist der Druckgradient  $dp/dx$ ? Wie groß ist dann die Wandschubspannung auf der Platte?
- f) Bei welchem Abstand von der Platte wird die Geschwindigkeit bei gefültem Spalt Null? Skizzieren Sie nun qualitativ den Geschwindigkeitsverlauf  $u(y)$  über der Spalthöhe für den Fall, dass die Kammer noch nicht mit dem Öl gefüllt ist und für den Fall, dass die Kammer komplett gefüllt ist (für positiven Druckgradienten).

Insgesamt:

Fragen 27 Punkte

Aufgaben 63 Punkte --> 90 Punkte

TABLE II.—SUPERSONIC FLOW—Continued

 $\gamma=7/5$ 

$M$ or $M_1$	$\frac{p}{p_1}$	$\frac{\rho}{\rho_1}$	$\frac{T}{T_1}$	$\beta$	$\frac{q}{p_1}$	$\frac{A}{A^*}$	$\frac{V}{a^*}$	$\nu$	$\mu$	$M_2$	$\frac{p_2}{p_1}$	$\frac{\rho_2}{\rho_1}$	$\frac{T_2}{T_1}$	$\frac{p_{t2}}{p_{t1}}$	$\frac{p_1}{p_{t2}}$
2.15	.1011	.1946	.5196	1.903	.3272	1.919	1.69774	30.425	27.72	.5540	5.926	2.882	1.813	.6511	.1553
2.16	.9956	.1925	.5173	1.915	.3252	1.935	1.70183	30.680	27.58	.5525	5.927	2.896	1.822	.6494	.1540
2.17	.9892	.1903	.5150	1.926	.3231	1.953	1.70589	30.951	27.44	.5511	5.927	2.910	1.831	.6479	.1527
2.18	.9829	.1882	.5127	1.937	.3210	1.970	1.70992	31.212	27.30	.5498	5.928	2.924	1.839	.6463	.1514
2.19	.9765	.1861	.5104	1.948	.3189	1.987	1.71393	31.473	27.17	.5484	5.929	2.938	1.848	.6447	.1502
2.20	.9702	.1841	.5081	1.960	.3169	2.005	1.71791	31.732	27.04	.5471	5.930	2.951	1.857	.6431	.1489
2.21	.9640	.1820	.5059	1.971	.3148	2.023	1.72187	31.991	26.90	.5457	5.931	2.965	1.866	.6415	.1476
2.22	.9578	.1800	.5036	1.982	.3127	2.041	1.72579	32.250	26.77	.5444	5.932	2.978	1.875	.6399	.1464
2.23	.9517	.1780	.5014	1.993	.3106	2.059	1.72970	32.507	26.64	.5431	5.933	2.992	1.883	.6383	.1452
2.24	.9456	.1760	.4991	2.004	.3085	2.078	1.73357	32.763	26.51	.5418	5.934	3.005	1.892	.6367	.1440
2.25	.9396	.1740	.4969	2.016	.3065	2.096	1.73742	33.018	26.39	.5406	5.935	3.019	1.901	.6351	.1428
2.26	.9336	.1721	.4947	2.027	.3044	2.115	1.74125	33.273	26.26	.5393	5.936	3.032	1.910	.6335	.1417
2.27	.9277	.1702	.4925	2.038	.3023	2.134	1.74504	33.527	26.14	.5381	5.937	3.045	1.919	.6319	.1405
2.28	.9218	.1683	.4903	2.049	.3003	2.154	1.74882	33.780	26.01	.5368	5.938	3.058	1.929	.6303	.1394
2.29	.9159	.1664	.4881	2.060	.2982	2.173	1.75257	34.032	25.89	.5356	5.939	3.071	1.938	.6287	.1382
2.30	.9101	.1646	.4859	2.071	.2961	2.193	1.75629	34.283	25.77	.5344	6.005	3.085	1.947	.6271	.1371
2.31	.9043	.1628	.4837	2.082	.2941	2.213	1.75999	34.533	25.65	.5332	6.059	3.098	1.956	.6255	.1360
2.32	.8985	.1609	.4816	2.093	.2920	2.233	1.76366	34.783	25.53	.5321	6.113	3.110	1.965	.6239	.1349
2.33	.8928	.1592	.4794	2.104	.2900	2.254	1.76731	35.031	25.42	.5310	6.167	3.123	1.974	.6223	.1338
2.34	.8871	.1574	.4773	2.116	.2879	2.274	1.77093	35.279	25.30	.5299	6.222	3.136	1.984	.6207	.1328
2.35	.8814	.1556	.4752	2.127	.2859	2.295	1.77453	35.526	25.18	.5288	6.276	3.149	1.993	.6191	.1317
2.36	.8757	.1539	.4731	2.138	.2839	2.316	1.77811	35.771	25.07	.5277	6.331	3.162	2.002	.6175	.1307
2.37	.8700	.1522	.4710	2.149	.2818	2.338	1.78166	36.017	24.96	.5266	6.386	3.174	2.012	.6159	.1297
2.38	.8643	.1505	.4689	2.160	.2798	2.359	1.78519	36.261	24.85	.5255	6.441	3.187	2.021	.6143	.1286
2.39	.8586	.1488	.4668	2.171	.2778	2.381	1.78870	36.504	24.73	.5244	6.497	3.199	2.031	.6127	.1276
2.40	.8529	.1472	.4647	2.182	.2758	2.403	1.79218	36.746	24.62	.5233	6.553	3.212	2.040	.6111	.1266
2.41	.8472	.1456	.4626	2.193	.2738	2.425	1.79563	36.988	24.52	.5222	6.609	3.224	2.050	.6095	.1257
2.42	.8415	.1439	.4606	2.204	.2718	2.448	1.79907	37.229	24.41	.5211	6.666	3.237	2.059	.6079	.1247
2.43	.8358	.1424	.4585	2.215	.2698	2.471	1.80248	37.469	24.30	.5200	6.722	3.249	2.069	.6063	.1237
2.44	.8301	.1408	.4565	2.226	.2678	2.494	1.80587	37.708	24.19	.5189	6.779	3.261	2.079	.6047	.1228
2.45	.8244	.1392	.4544	2.237	.2658	2.517	1.80924	37.946	24.09	.5179	6.836	3.273	2.088	.6031	.1218
2.46	.8187	.1377	.4524	2.248	.2639	2.540	1.81258	38.183	23.99	.5169	6.894	3.285	2.098	.6015	.1209
2.47	.8130	.1362	.4504	2.259	.2619	2.564	1.81591	38.420	23.88	.5159	6.951	3.298	2.108	.6000	.1200
2.48	.8073	.1346	.4484	2.269	.2599	2.588	1.81921	38.655	23.78	.5149	7.009	3.310	2.118	.5984	.1191
2.49	.8016	.1332	.4464	2.280	.2580	2.612	1.82249	38.890	23.68	.5140	7.067	3.321	2.128	.5969	.1182
2.50	.7959	.1317	.4444	2.291	.2561	2.637	1.82574	39.124	23.58	.5130	7.125	3.333	2.138	.5953	.1173
2.51	.7902	.1302	.4424	2.302	.2541	2.661	1.82898	39.357	23.48	.5120	7.183	3.345	2.147	.5938	.1164
2.52	.7845	.1288	.4405	2.313	.2522	2.686	1.83219	39.590	23.38	.5111	7.242	3.357	2.157	.5923	.1155
2.53	.7788	.1274	.4386	2.324	.2503	2.712	1.83538	39.822	23.28	.5102	7.301	3.369	2.167	.5908	.1147
2.54	.7731	.1260	.4366	2.335	.2484	2.737	1.83855	40.050	23.18	.5092	7.360	3.380	2.177	.5893	.1138
2.55	.7674	.1246	.4347	2.346	.2465	2.763	1.84170	40.280	23.09	.5083	7.420	3.392	2.187	.5878	.1130
2.56	.7617	.1232	.4328	2.357	.2446	2.789	1.84483	40.509	22.99	.5074	7.479	3.403	2.198	.5863	.1122
2.57	.7560	.1218	.4309	2.367	.2427	2.815	1.84794	40.736	22.91	.5065	7.539	3.415	2.208	.5848	.1113
2.58	.7503	.1205	.4290	2.378	.2409	2.842	1.85103	40.963	22.81	.5056	7.599	3.426	2.218	.5833	.1105
2.59	.7446	.1192	.4271	2.389	.2390	2.869	1.85410	41.189	22.71	.5047	7.659	3.438	2.228	.5818	.1097
2.60	.7389	.1179	.4252	2.400	.2371	2.896	1.85714	41.415	22.62	.5039	7.720	3.449	2.238	.5803	.1089
2.61	.7332	.1166	.4233	2.411	.2353	2.923	1.86017	41.641	22.53	.5030	7.781	3.460	2.249	.5788	.1081
2.62	.7275	.1153	.4214	2.422	.2335	2.951	1.86318	41.868	22.44	.5022	7.842	3.471	2.259	.5773	.1073
2.63	.7218	.1140	.4195	2.433	.2317	2.979	1.86616	42.094	22.35	.5013	7.903	3.482	2.269	.5758	.1065
2.64	.7161	.1128	.4177	2.444	.2298	3.007	1.86913	42.320	22.26	.5005	7.965	3.494	2.280	.5743	.1058
2.65	.7104	.1115	.4159	2.454	.2280	3.036	1.87208	42.547	22.17	.5006	8.026	3.505	2.290	.5728	.1051
2.66	.7047	.1103	.4141	2.465	.2262	3.065	1.87501	42.774	22.08	.5007	8.088	3.516	2.301	.5713	.1043
2.67	.6990	.1091	.4122	2.476	.2245	3.094	1.87792	42.999	22.00	.5008	8.150	3.527	2.311	.5698	.1036
2.68	.6933	.1079	.4104	2.486	.2227	3.123	1.88081	43.223	21.91	.5009	8.213	3.537	2.322	.5683	.1028
2.69	.6876	.1067	.4086	2.497	.2209	3.153	1.88368	43.445	21.82	.5010	8.275	3.548	2.332	.5668	.1021
2.70	.6819	.1056	.4068	2.508	.2192	3.183	1.88653	43.667	21.74	.5011	8.338	3.559	2.343	.5653	.1014
2.71	.6762	.1044	.4051	2.519	.2174	3.213	1.88936	43.888	21.65	.5012	8.401	3.570	2.354	.5638	.1007
2.72	.6705	.1033	.4033	2.530	.2157	3.244	1.89218	44.109	21.57	.5013	8.465	3.580	2.364	.5623	.1000
2.73	.6648	.1022	.4015	2.540	.2140	3.274	1.89499	44.329	21.49	.5014	8.528	3.591	2.375	.5608	.9993
2.74	.6591	.1010	.4007	2.551	.2123	3.306	1.89778	44.549	21.41	.5015	8.592	3.601	2.386	.5593	.9986
2.75	.6534	.1000	.3994	2.562	.2106	3.338	1.90055	44.769	21.32	.5016	8.656	3.612	2.397	.5578	.9979
2.76	.6477	.9985	.3983	2.572	.2089	3.370	1.90331	44.989	21.24	.5017	8.721	3.622	2.407	.5563	.9972
2.77	.6420	.9974	.3973	2.583	.2072	3.402	1.90606	45.209	21.16	.5018	8.785	3.633	2.418	.5548	.9965
2.78	.6363	.9962	.3963	2.594	.2055	3.434	1.90881	45.429	21.08	.5019	8.850	3.643	2.429	.5533	.9958
2.79	.6306	.9951	.3954	2.605	.2039	3.467	1.91157	45.649	21.00	.5020	8.915	3.653	2.440	.5518	.9951
2.80	.6249	.9940	.3946	2.615	.2022	3.500	1.91434	45.869	20.92	.5021	8.980	3.664	2.451	.5503	.9944
2.81	.6192	.9930	.3937	2.626	.2006	3.534	1.91711	46.089	20.85	.5022	9.045	3.674	2.462	.5488	.9937
2.82	.6135	.9920	.3929	2.637	.1990	3.567	1.91988	46.309	20.77	.5023	9.111	3.684	2.473	.5473	.9930
2.83	.6078	.9910	.3921	2.647	.1974	3.601	1.92265	46.529	20.69	.5024	9.177	3.694	2.484	.5458	.9923
2.84	.6021	.9900	.3913	2.658	.1957	3.636	1.92541	46.749	20.62	.5025	9.243	3.704	2.495	.5443	.9916
2.85	.5964	.9890	.3905	2.669	.1941	3.671	1.92818	46.969	20.54	.5026	9.310	3.714	2.507	.5428	.9909
2.86	.5907	.9880	.3897	2.679	.1926	3.706	1.93094	47.189	20.47	.5027	9.377	3.724	2.518	.5413	.9902
2.87	.5850	.9870	.3889	2.690	.1910	3.741	1.93370	47.409	20.39	.5028	9.444	3.734	2.529	.5398	.9895
2.88	.5793	.9860	.3881	2.701	.1894	3.777	1.93647	47.629	20.32	.5029	9.511	3.744	2.540	.5383	.9888
2.89	.5736	.9850	.3873	2.711	.1879	3.813	1.93923	47.849	20.24	.5030	9.577	3.753	2.552	.5368	.9881
2.90</															

TABLE I—SUBSONIC FLOW

Table with 18 columns: M, p/p0, rho/rho0, T/T0, p/p0, q/q0, A/A0, V/V0, u/V0, M, p/p0, rho/rho0, T/T0, p/p0, q/q0, A/A0, V/V0, u/V0. It contains data for Mach numbers from 0.1 to 1.0.

TABLE II—SUPERSONIC FLOW

Table with 18 columns: M, p/p0, rho/rho0, T/T0, p/p0, q/q0, A/A0, V/V0, u/V0, M, p/p0, rho/rho0, T/T0, p/p0, q/q0, A/A0, V/V0, u/V0. It contains data for Mach numbers from 1.1 to 10.0.

TABLE II—SUPERSONIC FLOW—Continued

Continuation of Table II with 18 columns: M, p/p0, rho/rho0, T/T0, p/p0, q/q0, A/A0, V/V0, u/V0, M, p/p0, rho/rho0, T/T0, p/p0, q/q0, A/A0, V/V0, u/V0. It contains data for Mach numbers from 10.1 to 20.0.

Continuation of Table II with 18 columns: M, p/p0, rho/rho0, T/T0, p/p0, q/q0, A/A0, V/V0, u/V0, M, p/p0, rho/rho0, T/T0, p/p0, q/q0, A/A0, V/V0, u/V0. It contains data for Mach numbers from 20.1 to 30.0.

Continuation of Table II with 18 columns: M, p/p0, rho/rho0, T/T0, p/p0, q/q0, A/A0, V/V0, u/V0, M, p/p0, rho/rho0, T/T0, p/p0, q/q0, A/A0, V/V0, u/V0. It contains data for Mach numbers from 30.1 to 40.0.

20250-51-1



