

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

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

## **KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE 26.03.2012**

### **Fragenteil**

- 1) Wie ist eine Wirbelröhre definiert? (1P)
- 2) Wie skaliert die Grenzschichtdicke in inkompressiblen Strömungen mit der Lauflänge für eine ebene Platte? (1P)
- 3) Überlegen Sie, welche Randbedingung Sie für die Temperatur an einer isothermen und an einer adiabaten Wand setzen müssen. (2P)
- 4) Welche Bedingung muss bei der potentialtheoretischen Beschreibung der Umströmung eines Tragflügels erfüllt sein, um realistische Ergebnisse zu erhalten? (1P)
- 5) Worin besteht der Unterschied zwischen inkompressiblen Fluiden und inkompressiblen Strömungen? (2P)
- 6) Nehmen Sie an, die Temperatur wird durch folgende Gleichung beschrieben:

$$\rho c_V \left( \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial u_j T}{\partial x_j} \right) = \kappa \frac{\partial^2 T}{\partial x_j^2}$$

Sie kennen ausserdem Referenzgrößen  $\rho_\infty$ ,  $U_\infty$ ,  $C_p$  und  $T_\infty$ , ein Längenmass  $L$  und die Wärmeleitfähigkeit  $\kappa$  ( $C_p$ ,  $C_V$ ,  $\kappa$  seien konstant hier).

- a) Wie ist die Prandtl-Zahl definiert? Wie können wir diese interpretieren? (2P)
  - b) Führen Sie diese Gleichung in eine dimensionslose Form über. Verwenden Sie hierzu die angegebenen Referenzgrößen, so dass am Ende nur noch zwei bekannte Kennzahlen in der Gleichung auftauchen (3P)
  - c) Formulieren Sie die Gleichung in Operatorform. (2P)
- 7) Die Bewegung eines Fluidelements lässt sich in drei Anteile aufspalten. Welche sind dies? Was hat dies mit dem Geschwindigkeitsgradienten zu tun? (5P)

- 8) Welche Kräfte sind in einer schleichenden Strömung im Gleichgewicht? Für welche Reynoldszahlen gilt diese Annahme? Nennen Sie ein Beispiel für eine solche Strömung. (3P)
- 9) Was verstehen wir unter dem Schließungsproblem in den gemittelten Navier-Stokes-Gleichungen? (2P)
- 10) Geben sie den Mischungswegansatz für die Reynoldsspannung  $\tau = -\rho \langle u' u' \rangle$  an. (1P)

Total 25 Punkte

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

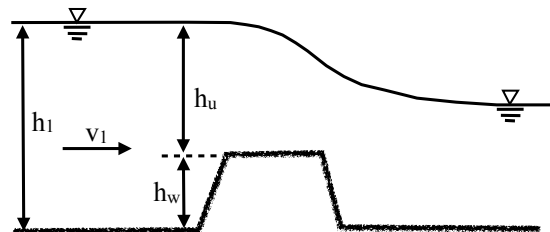
MB-DI / MB-DII / IP-DII / WIW-DII  
BSc-MB / BSc-MBD / BSc-BIBME

Aufg.	Punkte
1	
2	
3	
Σ	

## KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE

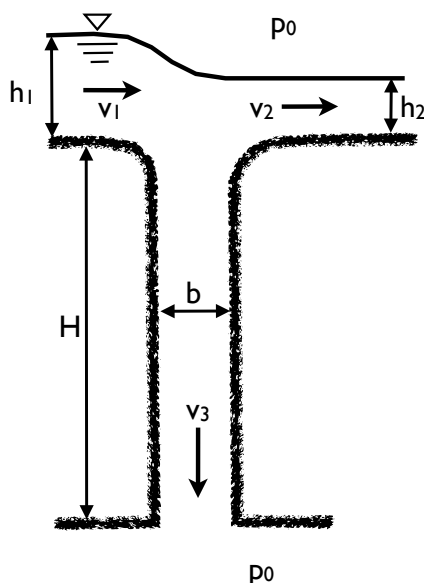
Achtung: nicht alle Angaben sind zur Bearbeitung der Teilaufgaben notwendig!

1) Gegeben ist ein Wehr in einer reibungsfreien Anströmung (siehe Abbildung).



Der Volumenstrom bezogen auf die Breite des Wehrs ergibt sich zu  $Q/b = C\sqrt{gh_u^3}$

- Zeigen Sie diesen Zusammenhang unter Verwendung des Buckingham II-Theorems (C Konstante).
- Drücken Sie die Froudezahl vor dem Wehr in Abhängigkeit von  $h_w$  und  $h_1$  aus.
- Gegeben ist nun eine ebene, flache, offene Gerinneströmung (siehe Abbildung), in dem die Flüssigkeit mit der Geschwindigkeit  $v_1$  bei einer Höhe  $h_1$  zuströmt. Im Boden befindet sich ein senkrechter Abfluss der Breite  $b$  und Höhe  $H$ . Die Tiefe  $t$  sei  $t \gg b$ .

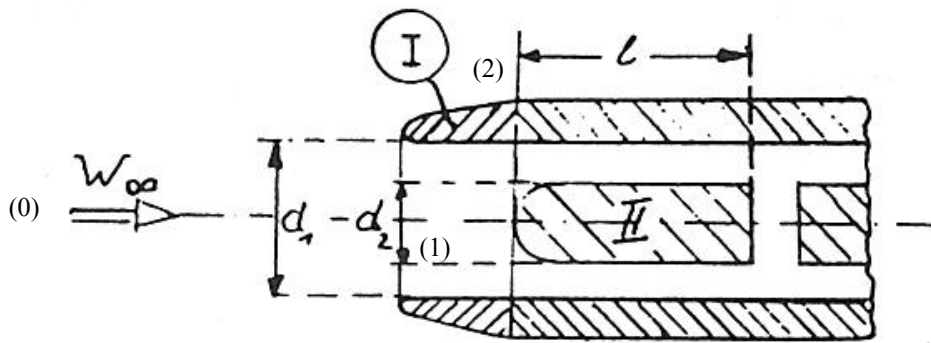


b.

c1) Geben Sie eine Beziehung für das Verhältnis der Volumenströme  $Q_2/Q_3$  in Abhängigkeit der Spaltbreite  $b$ , sowie der Größen in Punkt 1 der Zuströmung an. Im Spalt treten Reibungsverluste auf, die mittels der Beziehung  $z' = v^2 \lambda H / (D_H 2g)$  beschrieben werden ( $D_H$  ist hier der hydraulische Durchmesser,  $D_H = 4 \cdot \text{Fläche} / \text{Umfang}$ ,  $\lambda$  ein Reibungsparameter, konstant).

c2) Welche **Gleichung** muss  $h_2$  erfüllen, für den Fall dass  $Fr_1 = 1$  ist?

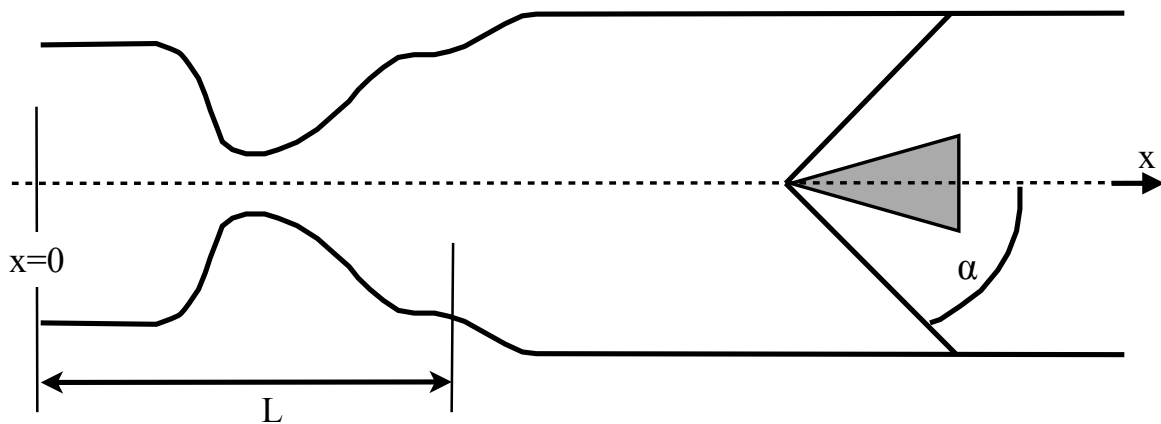
2) Gegeben sei der rotationssymmetrische Triebwerkseinlauf. Die Strömung im Bereich (2) ist



nicht homogen, in (0) und (1) kann sie dagegen als gleichförmig angesehen werden.

- Bestimmen Sie zuerst die Kraft (Gleichung) auf den Nabenkörper (II) unter Vernachlässigung der Reibung.
- Durch die Umströmung der Triebwerksnase entsteht eine in Schubrichtung gerichtete Saugkraft, die auch Nasenschub genannt wird. Geben Sie den Nasenschub (I) in Abhängigkeit von der Anströmgeschwindigkeit  $w_\infty$  an, bei gegebenem Durchsatz  $Q$  (Hinweis, drücken Sie zuerst die Größen über der Nase in Bereich (2) durch die homogenen Verteilungen in Anströmung (0) und im Düsenbereich (1) aus).

- 3) Eine Lavaldüse der Länge  $L$  soll so ausgelegt werden, dass sich ein linearer Verlauf der Machzahl  $Ma(x)=ax+b$  über der Längskoordinate ergibt. Bei  $x=0$  herrscht die Machzahl  $Ma_0 < 1$ . Die Strömung verlaufe isentrop, die kritische Fläche beträgt  $1\text{ cm}^2$ .



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

- a) Leiten Sie für den Fall  $\gamma=1.5$  folgenden Zusammenhang der Fläche  $A$  als Funktion der Machzahl ab

$$A = \frac{(Ma^2 + 4)^{5/2}}{Ma \cdot 25\sqrt{5}} [\text{cm}^2]$$

Bestimmen Sie damit den Verlauf der Fläche  $A$  als Funktion der Längskoordinate  $x$ .

- b) Am Austritt ( $x=L$ ) herrsche die Machzahl  $Ma_1$ . Bestimmen Sie die Konstanten  $a$  und  $b$ .
- c) Bestimmen Sie die Lage  $x_e$  und den Funktionswert  $A_e$  des Minimums von  $A(x)$  für  $x > 0$ .
- d) Im Ruhezustand herrscht der Druck  $p_0 = 8.95\text{ bar}$  und die Temperatur  $T_0 = 450\text{ K}$ . Bestimmen Sie den Massenstrom in der Lavaldüse. Nehmen Sie an, dass die Gaskonstante  $287\text{ J/kg/K}$  beträgt.
- e) Berechnen Sie für  $Ma_0=0.5$  und  $Ma_1=3$ , sowie  $L=0.25\text{ m}$  den Druck  $p_A$  und die Geschwindigkeit  $v_A$  an der Stelle  $x_A = 0.2\text{ m}$ .

Nach der Beschleunigung der Strömung  $x > L$  wird nun ein Keil in die Strömung eingebracht (halber Öffnungswinkel  $12^\circ$ ), so dass sich ein schiefer Verdichtungsstoss ausbildet. Die Machzahl am Austritt der Düse ( $Ma_1=3$ ) vor dem Stoss sei konstant.

- f) Wie groß sind der Druck  $p_2$  und die Geschwindigkeit  $v_2$  nach dem Stoss?
- g) Wie groß müsste der Öffnungswinkel des Keils sein, damit der Stoss ablöst?

TABLE I.—SUBSONIC FLOW

$M$	$\frac{P}{\mu}$	$\frac{\mu}{P}$	$\frac{T}{T_1}$	$\theta$	$\frac{\eta}{P_1}$	$\frac{A}{\mu}$	$\frac{V}{V_1}$	$M$	$\frac{P}{\mu}$	$\frac{\mu}{P}$	$\frac{T}{T_1}$	$\theta$	$\frac{\eta}{P_1}$	$\frac{A}{\mu}$	$\frac{V}{V_1}$
0	1.0009	1.0000	1.0000	1.0000	0	$\infty$	0.0006	0.50	0.8330	0.8832	0.9324	0.9860	0.1473	1.3398	0.5342
0.01	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.0000	57.8738	0.0006	0.51	0.8337	0.8839	0.9329	0.9869	0.1474	1.3402	0.5343
0.02	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.0001	115.7476	0.0012	0.52	0.8344	0.8846	0.9336	0.9878	0.1475	1.3415	0.5345
0.03	0.9994	0.9996	0.9996	0.9996	0.0004	173.6214	0.0018	0.53	0.8350	0.8852	0.9344	0.9886	0.1476	1.3428	0.5347
0.04	0.9989	0.9992	0.9992	0.9992	0.0009	231.4952	0.0024	0.54	0.8359	0.8860	0.9353	0.9895	0.1477	1.3441	0.5349
0.05	0.9983	0.9988	0.9988	0.9988	0.0014	289.3690	0.0030	0.55	0.8368	0.8868	0.9362	0.9904	0.1478	1.3454	0.5351
0.06	0.9976	0.9982	0.9982	0.9982	0.0019	347.2428	0.0036	0.56	0.8377	0.8876	0.9371	0.9913	0.1479	1.3467	0.5353
0.07	0.9969	0.9975	0.9975	0.9975	0.0024	405.1166	0.0042	0.57	0.8386	0.8884	0.9380	0.9922	0.1480	1.3480	0.5355
0.08	0.9961	0.9969	0.9969	0.9969	0.0029	462.9904	0.0048	0.58	0.8395	0.8892	0.9389	0.9931	0.1481	1.3493	0.5357
0.09	0.9954	0.9962	0.9962	0.9962	0.0034	520.8642	0.0054	0.59	0.8404	0.8900	0.9398	0.9940	0.1482	1.3506	0.5359
0.10	0.9946	0.9954	0.9954	0.9954	0.0039	578.7380	0.0060	0.60	0.8413	0.8908	0.9407	0.9949	0.1483	1.3519	0.5361
0.11	0.9938	0.9946	0.9946	0.9946	0.0044	636.6118	0.0066	0.61	0.8422	0.8916	0.9416	0.9958	0.1484	1.3532	0.5363
0.12	0.9929	0.9938	0.9938	0.9938	0.0049	694.4856	0.0072	0.62	0.8431	0.8924	0.9425	0.9967	0.1485	1.3545	0.5365
0.13	0.9921	0.9930	0.9930	0.9930	0.0054	752.3594	0.0078	0.63	0.8440	0.8932	0.9434	0.9976	0.1486	1.3558	0.5367
0.14	0.9913	0.9921	0.9921	0.9921	0.0059	810.2332	0.0084	0.64	0.8449	0.8940	0.9443	0.9985	0.1487	1.3571	0.5369
0.15	0.9904	0.9913	0.9913	0.9913	0.0064	868.1070	0.0090	0.65	0.8458	0.8948	0.9452	0.9994	0.1488	1.3584	0.5371
0.16	0.9896	0.9904	0.9904	0.9904	0.0069	925.9808	0.0096	0.66	0.8467	0.8956	0.9461	0.9999	0.1489	1.3597	0.5373
0.17	0.9888	0.9896	0.9896	0.9896	0.0074	983.8546	0.0102	0.67	0.8476	0.8964	0.9470	1.0000	0.1490	1.3610	0.5375
0.18	0.9879	0.9888	0.9888	0.9888	0.0079	1041.7284	0.0108	0.68	0.8485	0.8972	0.9479	1.0000	0.1491	1.3623	0.5377
0.19	0.9871	0.9879	0.9879	0.9879	0.0084	1099.6022	0.0114	0.69	0.8494	0.8980	0.9488	1.0000	0.1492	1.3636	0.5379
0.20	0.9862	0.9871	0.9871	0.9871	0.0089	1157.4760	0.0120	0.70	0.8503	0.8988	0.9497	1.0000	0.1493	1.3649	0.5381
0.21	0.9854	0.9862	0.9862	0.9862	0.0094	1215.3498	0.0126	0.71	0.8512	0.8996	0.9506	1.000	0.1494	1.3662	0.5383
0.22	0.9846	0.9854	0.9854	0.9854	0.0099	1273.2236	0.0132	0.72	0.8521	0.9004	0.9515	1.000	0.1495	1.3675	0.5385
0.23	0.9838	0.9846	0.9846	0.9846	0.0104	1331.0974	0.0138	0.73	0.8530	0.9012	0.9524	1.000	0.1496	1.3688	0.5387
0.24	0.9830	0.9838	0.9838	0.9838	0.0109	1388.9712	0.0144	0.74	0.8539	0.9020	0.9533	1.000	0.1497	1.3701	0.5389
0.25	0.9821	0.9830	0.9830	0.9830	0.0114	1446.8450	0.0150	0.75	0.8548	0.9028	0.9542	1.000	0.1498	1.3714	0.5391
0.26	0.9813	0.9821	0.9821	0.9821	0.0119	1504.7188	0.0156	0.76	0.8557	0.9036	0.9551	1.000	0.1499	1.3727	0.5393
0.27	0.9804	0.9813	0.9813	0.9813	0.0124	1562.5926	0.0162	0.77	0.8566	0.9044	0.9560	1.000	0.1500	1.3740	0.5395
0.28	0.9796	0.9804	0.9804	0.9804	0.0129	1620.4664	0.0168	0.78	0.8575	0.9052	0.9569	1.000	0.1501	1.3753	0.5397
0.29	0.9788	0.9796	0.9796	0.9796	0.0134	1678.3402	0.0174	0.79	0.8584	0.9060	0.9578	1.000	0.1502	1.3766	0.5399
0.30	0.9779	0.9788	0.9788	0.9788	0.0139	1736.2140	0.0180	0.80	0.8593	0.9068	0.9587	1.000	0.1503	1.3779	0.5401
0.31	0.9771	0.9779	0.9779	0.9779	0.0144	1794.0878	0.0186	0.81	0.8602	0.9076	0.9596	1.000	0.1504	1.3792	0.5403
0.32	0.9762	0.9771	0.9771	0.9771	0.0149	1851.9616	0.0192	0.82	0.8611	0.9084	0.9605	1.000	0.1505	1.3805	0.5405
0.33	0.9754	0.9762	0.9762	0.9762	0.0154	1909.8354	0.0198	0.83	0.8620	0.9092	0.9614	1.000	0.1506	1.3818	0.5407
0.34	0.9746	0.9754	0.9754	0.9754	0.0159	1967.7092	0.0204	0.84	0.8629	0.9100	0.9623	1.000	0.1507	1.3831	0.5409
0.35	0.9738	0.9746	0.9746	0.9746	0.0164	2025.5830	0.0210	0.85	0.8638	0.9108	0.9632	1.000	0.1508	1.3844	0.5411
0.36	0.9729	0.9738	0.9738	0.9738	0.0169	2083.4568	0.0216	0.86	0.8647	0.9116	0.9641	1.000	0.1509	1.3857	0.5413
0.37	0.9721	0.9729	0.9729	0.9729	0.0174	2141.3306	0.0222	0.87	0.8656	0.9124	0.9650	1.000	0.1510	1.3870	0.5415
0.38	0.9713	0.9721	0.9721	0.9721	0.0179	2199.2044	0.0228	0.88	0.8665	0.9132	0.9659	1.000	0.1511	1.3883	0.5417
0.39	0.9704	0.9713	0.9713	0.9713	0.0184	2257.0782	0.0234	0.89	0.8674	0.9140	0.9668	1.000	0.1512	1.3896	0.5419
0.40	0.9696	0.9704	0.9704	0.9704	0.0189	2314.9520	0.0240	0.90	0.8683	0.9148	0.9677	1.000	0.1513	1.3909	0.5421
0.41	0.9688	0.9696	0.9696	0.9696	0.0194	2372.8258	0.0246	0.91	0.8692	0.9156	0.9686	1.000	0.1514	1.3922	0.5423
0.42	0.9679	0.9688	0.9688	0.9688	0.0199	2430.6996	0.0252	0.92	0.8701	0.9164	0.9695	1.000	0.1515	1.3935	0.5425
0.43	0.9671	0.9679	0.9679	0.9679	0.0204	2488.5734	0.0258	0.93	0.8710	0.9172	0.9704	1.000	0.1516	1.3948	0.5427
0.44	0.9662	0.9671	0.9671	0.9671	0.0209	2546.4472	0.0264	0.94	0.8719	0.9180	0.9713	1.000	0.1517	1.3961	0.5429
0.45	0.9654	0.9662	0.9662	0.9662	0.0214	2604.3210	0.0270	0.95	0.8728	0.9188	0.9722	1.000	0.1518	1.3974	0.5431
0.46	0.9646	0.9654	0.9654	0.9654	0.0219	2662.1948	0.0276	0.96	0.8737	0.9196	0.9731	1.000	0.1519	1.3987	0.5433
0.47	0.9638	0.9646	0.9646	0.9646	0.0224	2720.0686	0.0282	0.97	0.8746	0.9204	0.9740	1.000	0.1520	1.3999	0.5435
0.48	0.9630	0.9638	0.9638	0.9638	0.0229	2777.9424	0.0288	0.98	0.8755	0.9212	0.9749	1.000	0.1521	1.4012	0.5437
0.49	0.9621	0.9630	0.9630	0.9630	0.0234	2835.8162	0.0294	0.99	0.8764	0.9220	0.9758	1.000	0.1522	1.4025	0.5439
0.50	0.9613	0.9621	0.9621	0.9621	0.0239	2893.6900	0.0300	1.00	0.8773	0.9228	0.9767	1.000	0.1523	1.4038	0.5441

TABLE II.—SUPERSONIC FLOW  
 $\gamma=7/5$

[illegible] $y = \bar{y}$ [illegible]

## EQUATIONS, TABLES, AND CHARTS FOR COMPRESSIBLE FLOW

TABLE II.—SUPERSONIC FLOW—Continued

 $\gamma=7/5$ 

$M$ or $M_1$	$\frac{p}{p_1}$	$\frac{\rho}{\rho_1}$	$\frac{T}{T_1}$	$\beta$	$\frac{q}{p_1}$	$\frac{A}{A^*}$	$\frac{V}{A^*}$	$\nu$	$\mu$	$M_2$	$\frac{p_2}{p_1}$	$\frac{\rho_2}{\rho_1}$	$\frac{T_2}{T_1}$	$\frac{P_{02}}{P_{01}}$	$\frac{p_1}{p_{12}}$
2.15	.1011	.1946	.5196	1.903	.3272	1.919	1.69774	30.425	27.72	.5540	5.226	2.882	1.813	.6511	.1553
2.16	.9956	—	.1925	.5173	.3252	1.935	1.70183	30.689	27.58	.5525	5.277	2.896	1.822	.6464	.1540
2.17	.9802	—	.1903	.5150	.3231	1.953	1.70589	30.951	27.44	.5511	5.327	2.910	1.831	.6419	.1527
2.18	.9649	—	.1882	.5127	.3210	1.970	1.70992	31.212	27.30	.5498	5.378	2.924	1.839	.6373	.1514
2.19	.9500	—	.1861	.5104	.3189	1.987	1.71393	31.473	27.17	.5484	5.429	2.938	1.848	.6327	.1502
2.20	.9352	—	.1841	.5081	.3169	2.005	1.71791	31.732	27.04	.5471	5.480	2.951	1.857	.6281	.1489
2.21	.9207	—	.1820	.5059	.3148	2.023	1.72187	31.991	26.90	.5457	5.531	2.965	1.866	.6236	.1476
2.22	.9064	—	.1800	.5036	.3127	2.041	1.72579	32.250	26.77	.5444	5.583	2.978	1.875	.6191	.1464
2.23	.8923	—	.1780	.5014	.3106	2.059	1.72970	32.507	26.64	.5431	5.636	2.992	1.883	.6145	.1452
2.24	.8785	—	.1760	.4991	.3085	2.078	1.73357	32.763	26.51	.5418	5.687	3.005	1.892	.6100	.1440
2.25	.8648	—	.1740	.4969	.3065	2.096	1.73742	33.018	26.39	.5406	5.740	3.019	1.901	.6055	.1428
2.26	.8514	—	.1721	.4947	.3044	2.115	1.74125	33.273	26.26	.5393	5.792	3.032	1.910	.6011	.1417
2.27	.8382	—	.1702	.4925	.3023	2.134	1.74504	33.527	26.14	.5381	5.845	3.045	1.919	.5966	.1405
2.28	.8251	—	.1683	.4903	.3003	2.154	1.74882	33.780	26.01	.5368	5.898	3.058	1.929	.5921	.1394
2.29	.8123	—	.1664	.4881	.2982	2.173	1.75257	34.032	25.89	.5356	5.951	3.071	1.938	.5877	.1382
2.30	.7997	—	.1646	.4859	.2961	2.193	1.75629	34.283	25.77	.5344	6.005	3.085	1.947	.5833	.1371
2.31	.7873	—	.1628	.4837	.2941	2.213	1.75999	34.533	25.65	.5332	6.059	3.098	1.956	.5789	.1360
2.32	.7751	—	.1609	.4816	.2920	2.233	1.76366	34.783	25.53	.5321	6.113	3.110	1.965	.5745	.1349
2.33	.7631	—	.1592	.4794	.2900	2.254	1.76731	35.031	25.42	.5309	6.167	3.123	1.974	.5702	.1338
2.34	.7512	—	.1574	.4773	.2879	2.274	1.77093	35.279	25.30	.5297	6.222	3.136	1.984	.5658	.1328
2.35	.7396	—	.1556	.4752	.2859	2.295	1.77453	35.526	25.18	.5286	6.276	3.149	1.993	.5615	.1317
2.36	.7281	—	.1539	.4731	.2839	2.316	1.77811	35.771	25.07	.5275	6.331	3.162	2.002	.5572	.1307
2.37	.7168	—	.1522	.4709	.2818	2.338	1.78166	36.017	24.96	.5264	6.386	3.174	2.012	.5529	.1297
2.38	.7057	—	.1505	.4688	.2798	2.359	1.78519	36.261	24.85	.5253	6.442	3.187	2.021	.5486	.1286
2.39	.6948	—	.1488	.4668	.2778	2.381	1.78869	36.504	24.73	.5242	6.497	3.199	2.031	.5444	.1276
2.40	.6840	—	.1472	.4647	.2758	2.403	1.79218	36.746	24.62	.5231	6.553	3.212	2.040	.5401	.1266
2.41	.6734	—	.1456	.4626	.2738	2.425	1.79565	36.988	24.52	.5221	6.609	3.224	2.050	.5359	.1257
2.42	.6630	—	.1439	.4606	.2718	2.448	1.79907	37.229	24.41	.5210	6.666	3.237	2.059	.5317	.1247
2.43	.6527	—	.1424	.4585	.2698	2.471	1.80246	37.469	24.30	.5200	6.722	3.249	2.069	.5276	.1237
2.44	.6425	—	.1408	.4565	.2678	2.494	1.80587	37.708	24.19	.5189	6.779	3.261	2.079	.5234	.1228
2.45	.6327	—	.1392	.4544	.2658	2.517	1.80924	37.946	24.09	.5179	6.836	3.273	2.088	.5193	.1218
2.46	.6229	—	.1377	.4524	.2639	2.540	1.81258	38.183	23.99	.5169	6.894	3.285	2.098	.5152	.1209
2.47	.6133	—	.1362	.4504	.2619	2.564	1.81591	38.420	23.88	.5159	6.951	3.298	2.108	.5111	.1200
2.48	.6038	—	.1346	.4484	.2599	2.588	1.81921	38.655	23.78	.5149	7.009	3.310	2.118	.5071	.1191
2.49	.5945	—	.1332	.4464	.2580	2.612	1.82248	38.890	23.68	.5140	7.067	3.321	2.128	.5030	.1182
2.50	.5853	—	.1317	.4444	.2561	2.637	1.82574	39.124	23.58	.5130	7.125	3.333	2.138	.4990	.1173
2.51	.5762	—	.1302	.4425	.2541	2.661	1.82898	39.357	23.48	.5120	7.183	3.345	2.147	.4950	.1164
2.52	.5674	—	.1288	.4405	.2522	2.686	1.83219	39.589	23.38	.5111	7.242	3.357	2.157	.4911	.1155
2.53	.5586	—	.1274	.4386	.2503	2.712	1.83538	39.820	23.28	.5102	7.301	3.369	2.167	.4871	.1147
2.54	.5500	—	.1260	.4366	.2484	2.737	1.83855	40.050	23.18	.5092	7.360	3.380	2.177	.4832	.1138
2.55	.5415	—	.1246	.4347	.2465	2.763	1.84170	40.280	23.09	.5083	7.420	3.392	2.187	.4793	.1130
2.56	.5332	—	.1232	.4328	.2446	2.789	1.84483	40.509	22.99	.5074	7.479	3.403	2.198	.4754	.1122
2.57	.5250	—	.1218	.4309	.2427	2.815	1.84794	40.736	22.91	.5065	7.539	3.415	2.208	.4715	.1113
2.58	.5169	—	.1205	.4289	.2408	2.842	1.85103	40.963	22.81	.5056	7.599	3.426	2.218	.4677	.1105
2.59	.5090	—	.1192	.4271	.2389	2.869	1.85410	41.189	22.71	.5047	7.659	3.438	2.228	.4639	.1097
2.60	.5012	—	.1179	.4252	.2371	2.896	1.85714	41.415	22.62	.5039	7.720	3.449	2.238	.4601	.1089
2.61	.4935	—	.1166	.4233	.2353	2.923	1.86017	41.639	22.53	.5030	7.781	3.460	2.249	.4564	.1081
2.62	.4859	—	.1153	.4214	.2335	2.951	1.86318	41.863	22.44	.5022	7.842	3.471	2.259	.4526	.1074
2.63	.4784	—	.1140	.4196	.2317	2.979	1.86616	42.086	22.35	.5013	7.903	3.483	2.269	.4489	.1066
2.64	.4711	—	.1128	.4177	.2298	3.007	1.86913	42.307	22.26	.5005	7.965	3.494	2.280	.4452	.1058
2.65	.4639	—	.1115	.4159	.2280	3.036	1.87208	42.529	22.17	.4996	8.026	3.505	2.290	.4416	.1051
2.66	.4568	—	.1103	.4141	.2262	3.065	1.87501	42.749	22.08	.4988	8.088	3.516	2.301	.4379	.1043
2.67	.4498	—	.1091	.4122	.2245	3.094	1.87792	42.968	22.00	.4980	8.150	3.527	2.311	.4343	.1036
2.68	.4429	—	.1079	.4104	.2227	3.123	1.88081	43.187	21.91	.4972	8.213	3.537	2.322	.4307	.1028
2.69	.4362	—	.1067	.4086	.2209	3.153	1.88368	43.405	21.82	.4964	8.275	3.548	2.332	.4271	.1021
2.70	.4295	—	.1056	.4068	.2192	3.183	1.88653	43.621	21.74	.4956	8.338	3.559	2.343	.4236	.1014
2.71	.4229	—	.1044	.4051	.2174	3.213	1.88936	43.838	21.65	.4949	8.401	3.570	2.354	.4201	.1007
2.72	.4163	—	.1033	.4033	.2157	3.244	1.89218	44.053	21.57	.4941	8.465	3.580	2.364	.4166	.9998
2.73	.4102	—	.1022	.4015	.2140	3.275	1.89497	44.267	21.49	.4933	8.528	3.591	2.375	.4131	.9989
2.74	.4039	—	.1010	.3998	.2123	3.306	1.89775	44.481	21.41	.4926	8.592	3.601	2.386	.4097	.9980
2.75	.3978	—	.0999	.3980	.2106	3.338	1.90051	44.694	21.32	.4918	8.656	3.612	2.397	.4062	.9972
2.76	.3917	—	.0988	.3963	.2089	3.370	1.90325	44.906	21.24	.4911	8.721	3.622	2.407	.4028	.9964
2.77	.3858	—	.0978	.3945	.2072	3.402	1.90598	45.117	21.16	.4903	8.785	3.633	2.418	.3994	.9956
2.78	.3799	—	.0967	.3928	.2055	3.434	1.90868	45.327	21.08	.4896	8.850	3.643	2.429	.3961	.9949
2.79	.3742	—	.0956	.3911	.2038	3.467	1.91137	45.537	21.00	.4889	8.915	3.653	2.440	.3928	.9942
2.80	.3685	—	.0945	.3894	.2022	3.500	1.91404	45.746	20.92	.4882	8.980	3.664	2.451	.3895	.9934
2.81	.3629	—	.0935	.3877	.2006	3.534	1.91669	45.954	20.85	.4875	9.045	3.674	2.462	.3862	.9927
2.82	.3574	—	.0925	.3860	.1990	3.567	1.91933	46.161	20.77	.4868	9.111	3.684	2.473	.3829	.9920
2.83	.3520	—	.0915	.3844	.1973	3.601	1.92195	46.368	20.69	.4861	9.177	3.694	2.484	.3797	.9913
2.84	.3467	—	.0905	.3827	.1957	3.636	1.92455	46.573	20.62	.4854	9.243	3.704	2.495	.3765	.9906
2.85	.3415	—	.0896	.3810	.1941	3.671	1.92714	46.778	20.54	.4847	9.310	3.714	2.507	.3733	.9899
2.86	.3363	—	.0886	.3794	.1926	3.706	1.92970	46.982	20.47	.4840	9.376	3.724	2.518	.3701	.9892
2.87	.3312	—	.0876	.3777	.1910	3.741	1.93225	47.185	20.39	.4833	9.443	3.734	2.529	.3669	.9885
2.88	.3263	—	.0867	.3761	.1894	3.777	1.93477	47.388	20.32	.4827	9.510	3.743	2.540	.3639	.9878
2.89	.3213	—	.0858	.3745	.1879	3.813	1.93731	47.589	20.24	.4820	9.577	3.753	2.552	.3608	.9871
2.90	.3165	—	.0849	.3729	.1863	3.850	1.93981	47.790	20.17	.4814	9.645	3.763	2.563	.3577	.9864
2.91	.3118	—	.0839	.3712	.1848	3.887	1.94230</								

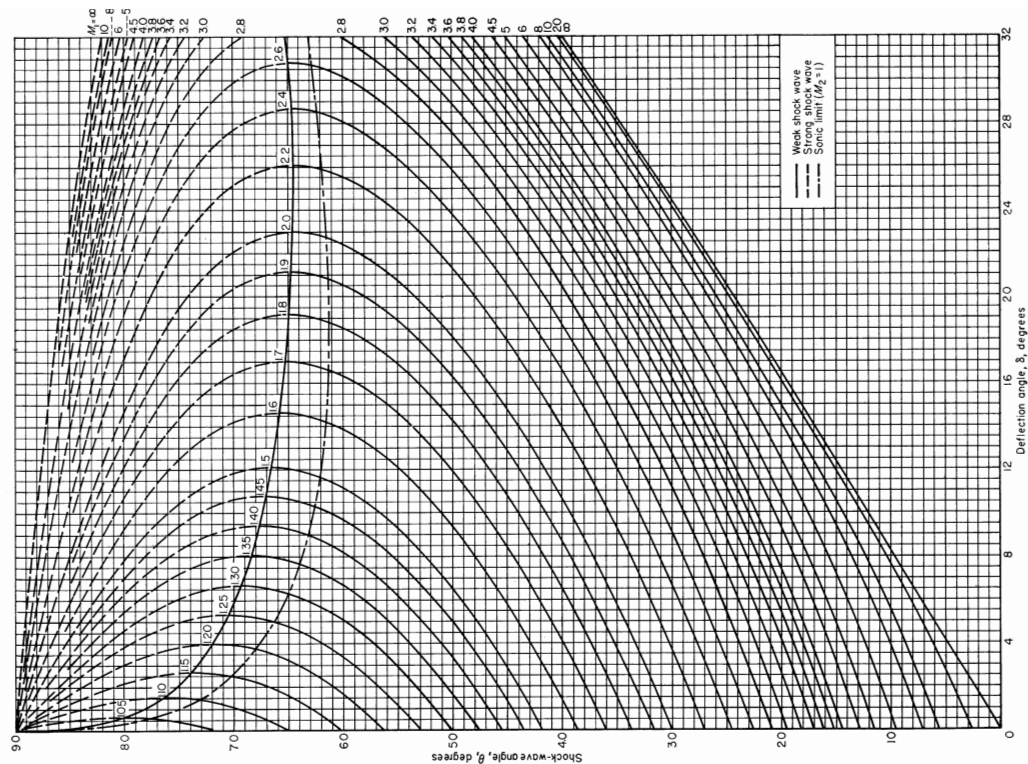


CHART 2.—Variation of shock-wave angle with flow-deflection angle for various upstream Mach numbers. Perfect gas,  $\gamma = 1.4$ .

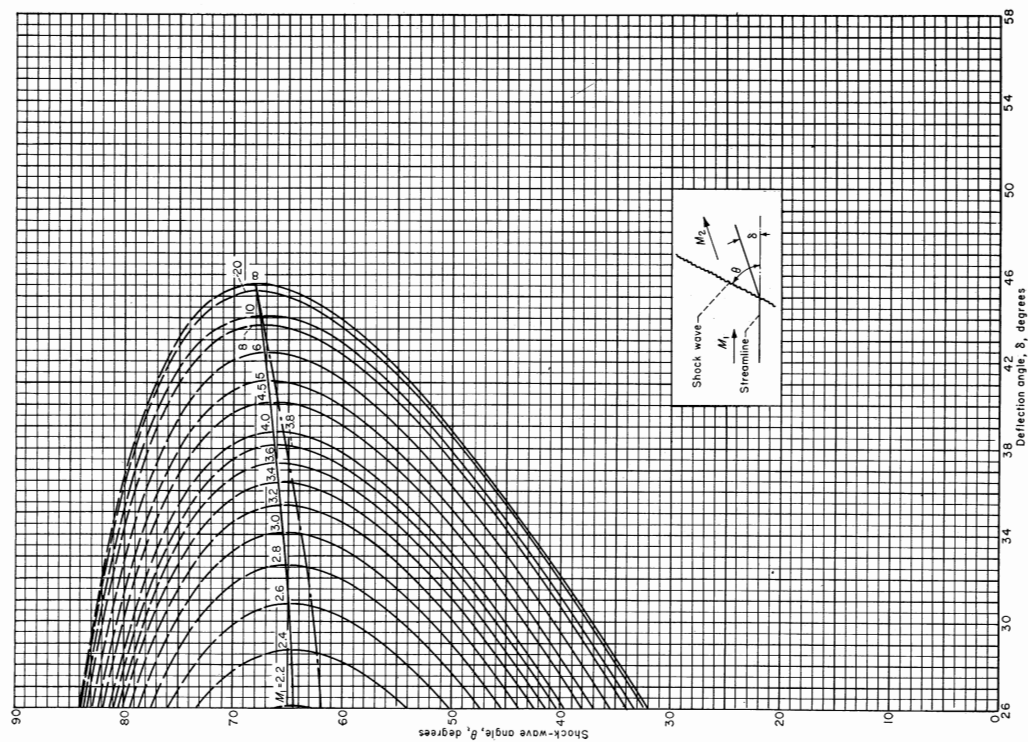


CHART 2.—Continued