

Columbia University
in the City of New York

LAMONT GEOLOGICAL OBSERVATORY
PALISADES, NEW YORK

Technical Report CU-9-61-AT(30-1)1808 Geol.

TABLES FOR RAPID COMPUTATION
OF
POTENTIAL TEMPERATURE

Prepared by Georg Wüst

January 1961

Columbia University
in the City of New York
LAMONT GEOLOGICAL OBSERVATORY
Palisades, New York

Technical Report CU-9-61-AT(30-1)1808 Geol.

TABLES FOR RAPID COMPUTATION


OF

POTENTIAL TEMPERATURE

Prepared by Georg Wüst

This publication is for technical information only and does not represent recommendations or conclusions of the sponsoring agencies. Reproduction of this document in whole or in part is permitted for any purpose of the U. S. Government.

January 1961



Digitized by the Internet Archive
in 2020 with funding from
Columbia University Libraries

<https://archive.org/details/tablesforrapidco00wust>

TABLES FOR RAPID COMPUTATION

OF

POTENTIAL TEMPERATURE

Prepared by Georg Wüst

Studies of the vertical distribution of temperature in the deeper ocean waters must take into account the effects of the adiabatic processes. In order to examine problems of the origin and spreading of deep water masses, hydrographic sill depths of separate basins, and the density stability in great depths, temperature observations must be compared independent of depth. For these purposes potential temperature (the temperature that a water sample would attain if raised adiabatically to the sea surface) is used. Potential temperature $\theta = t_m - \Delta t$, where t_m is the in situ temperature and Δt is the amount of the adiabatic decrease.

V. W. Ekman (1914) has computed values of the adiabatic temperature gradient which are widely used. Helland-Hansen (1930) has published convenient numerical tables and graphs for potential temperature determination which are reproduced in this report as Table I and figures I and II. In order to avoid rough interpolations the following more extensive numerical table (Table II) has been prepared.

In 1958 C. Eckart (1958) has pointed out that the coefficient of thermal expansion used by Ekman and Helland-Hansen is doubtful, especially at low temperature and elevated pressure. This possible source of error does not adversely affect the distribution of potential temperature when constructing horizontal maps for different levels or for the sea-bottom where small differences of depth are used. However, this error would

influence computations of the vertical distribution of potential temperature in the abyssal depths, if Eckart's criticism is valid.

In a recent study J. D. Cochrane (1959) has compared Ekman's values with temperature gradients observed in several important deep trenches and basins. While acknowledging the possible effects of earth heat flow on the adiabatic gradient as an undetermined factor, he concludes that, "Ekman's values of the adiabatic gradient (in the basins and trenches) and so of thermal expansion thus seem less doubtful than Eckart suggests."

References

- Cochrane, J. D., 1959. Note on the adiabatic temperature gradient of sea water: National Research Council Publ., 600, p. 30-36.
- Eckart, C., 1958. Properties of sea water. Pt II. The equations of state of water and sea water at low temperatures and pressures: Am. J. Sci., 256, p. 225-240.
- Ekman, V. W., 1914. Der adiabatische Temperatur-gradient im Meere: Ann. d. Hydrogr. u. Mar. Meteorol., Bd. 42, S. 340-44.
- Helland-Hansen, Bj, 1930. Physical oceanography and meteorology: MICHAEL SARS North Atlantic Deep Sea Expedition 1910, Rept. Sci. Results, V. 1, art. 2, 17 pp.

TABLE I (after Helland-Hansen 1930)

A. Adiabatic cooling in 0.01° C. when sea water ($S^{\circ}/\infty=34.85^{\circ}/\infty$, $\sigma_0=28.0$) which has a temperature of t_m at the depth of m metres, is raised from that depth to the surface.

m	t_m	-2°	-1°	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
1000		2.6	3.5	4.4	5.3	6.2	7.0	7.8	8.6	9.5	10.2	11.0	11.7	12.4
2000		7.2	8.9	10.7	12.4	14.1	15.7	17.2	18.8	20.4	21.9	23.3	24.8	26.2
3000		13.6	16.1	18.7	21.2	23.6	25.9	28.2	30.5	32.7	34.9	37.1	39.2	41.2
4000		21.7	25.0	28.4	31.6	34.7	37.7	40.6	43.5	46.3	49.1	51.9	54.6	57.2
5000		31.5	35.5	39.6	43.4	47.2	50.9	54.4						
6000		42.8	47.5	52.2	56.7	61.1	65.3	69.4						
7000				66.2	71.3	76.2	80.9	85.5						
8000				81.5	87.1	92.5	97.7	102.7						
9000				98.1	104.1	109.9	115.6	121.0						
10000				115.7	122.1	128.3	134.4	140.2						

B. Adiabatic heating in 0.01° C. when sea water ($S^{\circ}/\infty=34.85^{\circ}/\infty$, $\sigma_0=28.0$) which has a temperature of t_0 at the surface, sinks from the surface to a depth of m metres.

m	t_0	-2°	-1°	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
1000		2.6	3.6	4.5	5.4	6.2	7.1	7.9	8.7	9.5	10.3	11.1	11.8	12.5
2000		7.3	9.1	10.9	12.7	14.3	16.0	17.5	19.1	20.7	22.2	23.7	25.1	26.5
3000		13.9	16.6	19.2	21.8	24.2	26.7	28.9	31.2	33.4	35.6	37.8	39.9	41.9
4000		22.4	25.9	29.3	32.6	35.8	39.0	41.9	44.8	47.7	50.5	53.4	56.1	58.7
5000		32.8	37.0	41.2	45.1	49.0	52.8	56.4						
6000		44.9	49.8	54.7	59.3	63.8	68.1	72.3						
7000			64.3	69.8	75.0	80.0	84.8	89.5						
8000			80.4	86.4	92.1	97.6	102.9							
9000			97.9	104.4	110.5	116.5	122.2							
10000			116.7	123.7	130.2	136.6	142.7							

C. Adiabatic variations of temperature in 0.01° C. for the upper 1000 metres of sea water at different salinities.

S ^o /oo	0°c.	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°
30.0	3.5	5.3	7.0	8.7	10.3	11.8	13.2	14.7	16.1	17.6	18.9	20.3
32.0	3.9	5.7	7.3	9.0	10.6	12.1	13.5	15.0	16.4	17.8	19.1	20.5
34.0	4.3	6.0	7.7	9.4	10.9	12.4	13.8	15.3	16.6	18.0	19.3	20.7
36.0	4.7	6.4	8.1	9.7	11.2	12.7	14.1	15.5	16.9	18.3	19.6	20.9
38.0	5.1	6.8	8.4	10.0	11.6	13.0	14.4	15.8	17.2	18.5	19.8	21.1

D. Adiabatic variations of temperature in 0.01° C. in Mediterranean sea water of (S^o/oo=38.57°/oo, σ_o=31.0).

m	t _m (raising)		t _o (sinking)	
	12°	14°	12°	14°
1000	14.4	15.1	14.5	15.3
2000	30.0	31.4	30.4	31.8
3000	46.6	48.6	47.4	49.4
4000	64.2	66.7	65.7	68.3

TABLE II

(interpolated from Table I, A)

A. Adiabatic cooling (in 0.01C) when sea water ($\Delta=34.85^{\circ}/\infty$, $\sigma_o=28.0$) which has a temperature of t_m at the depth of m metres, is raised from that depth to the surface.

a) 1000-2000 m depth

$m \backslash t_m$	-1,0	-0,5	$\pm 0,0$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
1000	3,5	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,6	7,0	7,4	7,8	8,2
1100	4,0	4,5	4,9	5,4	5,9	6,4	6,9	7,4	7,8	8,2	8,7	9,1
1200	4,4	5,0	5,5	6,1	6,6	7,2	7,7	8,1	8,6	9,1	9,5	10,0
1300	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,4	8,9	9,4	9,9	10,4	10,9
1400	5,4	6,1	6,7	7,4	8,0	8,6	9,2	9,7	10,3	10,8	11,4	11,9
1500	6,0	6,7	7,3	8,0	8,6	9,3	10,0	10,6	11,2	11,8	12,4	13,0
1600	6,6	7,3	8,0	8,8	9,5	10,2	10,9	11,5	12,1	12,8	13,4	14,0
1700	7,1	7,9	8,7	9,5	10,2	11,0	11,7	12,3	13,0	13,7	14,4	15,0
1800	7,8	8,6	9,4	10,2	11,0	11,8	12,5	13,3	14,0	14,7	15,4	16,1
1900	8,4	9,3	10,1	11,0	11,8	12,6	13,4	14,2	14,9	15,7	16,4	17,1
2000	8,9	9,8	10,7	11,6	12,4	13,3	14,1	14,9	15,7	16,5	17,2	18,0

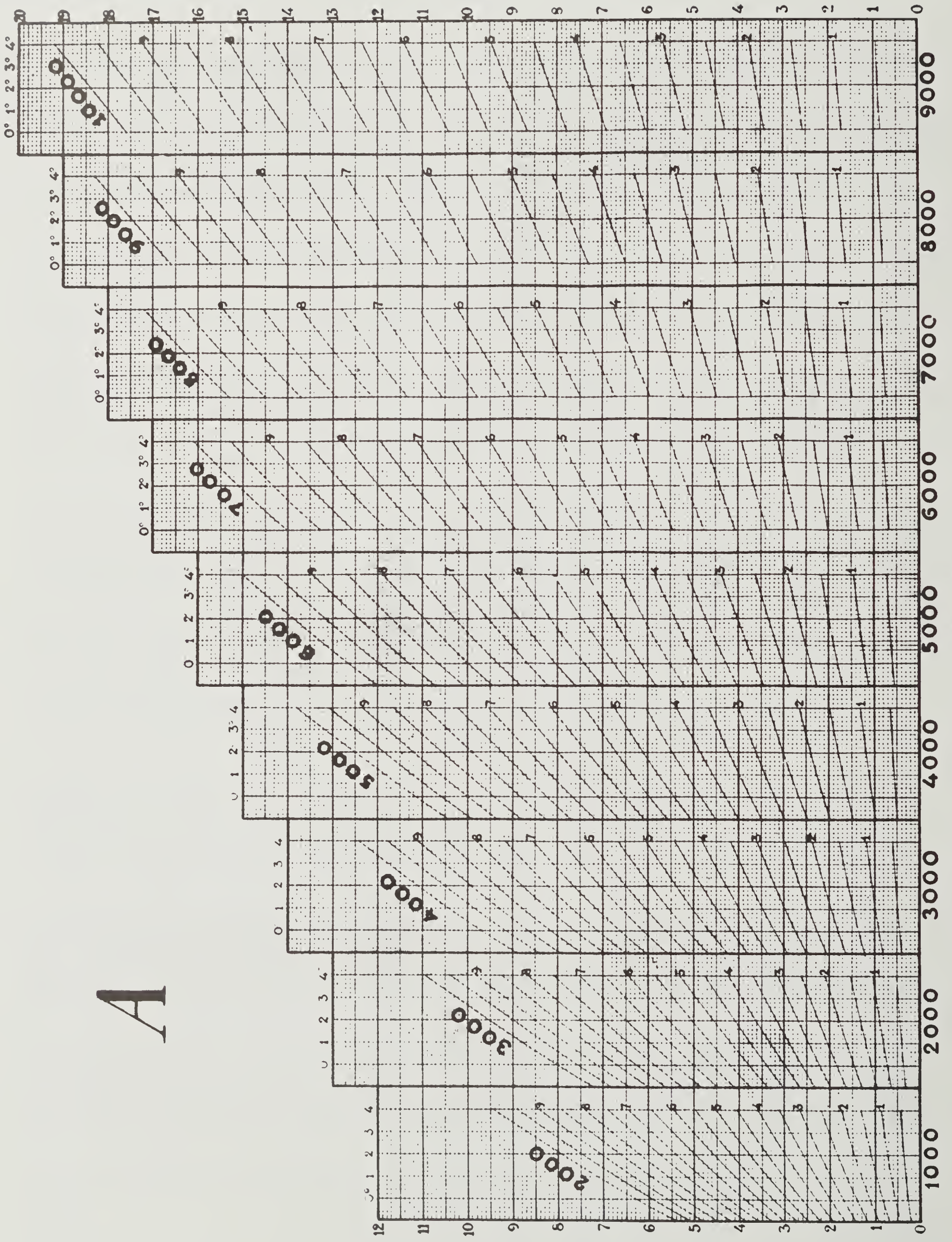
$m \backslash t_m$	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
1000	8,6	9,0	9,4	9,8	10,2	10,6	11,0	11,4	11,7	12,1	12,4
1100	9,5	9,9	10,3	10,8	11,2	11,7	12,1	12,5	12,9	13,3	13,6
1200	10,4	10,9	11,3	11,8	12,3	12,8	13,2	13,7	14,1	14,5	14,9
1300	11,4	11,9	12,4	12,9	13,4	13,9	14,4	14,9	15,3	15,8	16,2
1400	12,4	13,0	13,5	14,0	14,5	15,1	15,6	16,1	16,6	17,1	17,5
1500	13,5	14,1	14,6	15,2	15,7	16,3	16,8	17,4	17,9	18,4	18,9
1600	14,6	15,2	15,7	16,3	16,9	17,5	18,1	18,7	19,3	19,8	20,3
1700	15,7	16,3	16,9	17,5	18,1	18,8	19,4	20,0	20,6	21,2	21,8
1800	16,8	17,5	18,1	18,8	19,4	20,1	20,7	21,4	22,0	22,7	23,3
1900	17,8	18,5	19,3	20,0	20,7	21,4	22,0	22,7	23,4	24,1	24,8
2000	18,8	19,6	20,4	21,2	21,9	22,6	23,3	24,1	24,8	25,5	26,2

b) for 2000-6500 m depth

$m \backslash t_m$	-1,0	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
2000	8,9	9,3	9,6	10,0	10,3	10,7	11,0	11,4	11,7	12,1	12,4	12,7	13,1
2100	9,6	10,0	10,3	10,7	11,0	11,4	11,8	12,2	12,5	12,9	13,2	13,5	13,9
2200	10,2	10,6	11,0	11,4	11,7	12,1	12,5	12,9	13,3	13,7	14,0	14,4	14,8
2300	10,9	11,3	11,7	12,1	12,5	12,9	13,3	13,7	14,1	14,5	14,9	15,2	15,6
2400	11,6	12,0	12,4	12,8	13,2	13,7	14,1	14,5	14,9	15,3	15,7	16,1	16,5
2500	12,3	12,8	13,2	13,6	14,0	14,5	14,9	15,3	15,7	16,2	16,6	17,0	17,4
2600	13,0	13,5	13,9	14,4	14,8	15,3	15,7	16,2	16,6	17,1	17,5	17,9	18,4
2700	13,7	14,2	14,7	15,2	15,6	16,1	16,5	17,0	17,4	17,9	18,4	18,8	19,3
2800	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,4	17,9	18,3	18,8	19,3	19,7	20,2
2900	15,3	15,8	16,3	16,8	17,3	17,8	18,3	18,8	19,3	19,8	20,2	20,7	21,2
3000	16,1	16,6	17,1	17,7	18,2	18,7	19,2	19,7	20,2	20,7	21,2	21,7	22,2
3100	16,9	17,4	17,9	18,5	19,1	19,6	20,1	20,6	21,2	21,7	22,2	22,7	23,2
3200	17,7	18,3	18,8	19,4	20,0	20,5	21,0	21,6	22,1	22,6	23,2	23,7	24,2
3300	18,6	19,1	19,7	20,3	20,9	21,4	22,0	22,5	23,1	23,6	24,2	24,7	25,3
3400	19,5	20,0	20,6	21,2	21,8	22,4	22,9	23,5	24,1	24,6	25,2	25,7	26,3
3500	20,4	20,9	21,5	22,2	22,8	23,3	23,9	24,5	25,1	25,7	26,2	26,8	27,4
3600	21,2	21,8	22,4	23,1	23,7	24,3	24,9	25,5	26,1	26,7	27,3	27,8	28,4
3700	22,1	22,8	23,4	24,1	24,7	25,3	25,9	26,5	27,1	27,7	28,3	28,9	29,5
3800	23,1	23,7	24,3	25,0	25,7	26,3	26,9	27,6	28,2	28,8	29,4	30,0	30,6
3900	24,1	24,7	25,3	26,0	26,7	27,4	28,0	28,6	29,2	29,9	30,5	31,2	31,8
4000	25,0	25,7	26,4	27,0	27,7	28,4	29,0	29,7	30,3	31,0	31,6	32,2	32,8
4100	26,0	26,7	27,4	28,0	28,7	29,4	30,1	30,8	31,4	32,1	32,7	33,3	33,9
4200	27,0	27,7	28,4	29,1	29,8	30,5	31,2	31,9	32,5	33,2	33,9	34,5	35,1
4300	28,0	28,7	29,4	30,1	30,9	31,6	32,2	32,9	33,6	34,3	35,0	35,7	36,3
4400	29,0	29,8	30,5	31,2	31,9	32,7	33,4	34,1	34,8	35,5	36,2	36,8	37,5
4500	30,1	30,8	31,6	32,3	33,1	33,8	34,5	35,2	35,9	36,7	37,4	38,0	38,7
4600	31,1	31,9	32,7	33,4	34,2	34,9	35,6	36,4	37,1	37,8	38,5	39,2	39,9
4700	32,2	33,0	33,8	34,5	35,3	36,1	36,7	37,5	38,3	39,0	39,7	40,4	41,1
4800	33,3	34,1	34,9	35,6	36,4	37,2	38,0	38,8	39,5	40,3	41,0	41,7	42,4
4900	34,4	35,2	36,0	36,8	37,6	38,4	39,1	39,9	40,7	41,5	42,2	42,9	43,7
5000	35,5	36,3	37,1	38,0	38,8	39,6	40,4	41,1	41,9	42,6	43,4	44,2	44,9
5100	36,6	37,4	38,3	39,2	40,0	40,8	41,6	42,3	43,1	43,9	44,7	45,5	46,2
5200	37,8	38,6	39,4	40,3	41,2	42,0	42,8	43,6	44,4	45,1	45,9	46,8	47,5
5300	38,9	39,8	40,6	41,6	42,4	43,2	44,1	44,8	45,6	46,4	47,3	48,1	48,8
5400	40,1	40,9	41,8	42,8	43,6	44,5	45,3	46,1	46,9	47,7	48,6	49,4	50,2
5500	41,3	42,1	43,0	44,0	44,9	45,8	46,6	47,4	48,2	49,0	49,9	50,7	51,5
5600	42,5	43,4	44,2	45,3	46,1	47,0	47,9	48,7	49,5	50,3	51,2	52,1	52,9
5700	43,7	44,6	45,4	46,5	47,4	48,3	49,2	50,0	50,8	51,6	52,6	53,4	54,2
5800	45,0	45,9	46,8	47,8	48,7	49,6	50,5	51,3	52,2	53,0	53,9	54,8	55,6
5900	46,2	47,1	48,0	49,0	50,0	50,9	51,8	52,7	53,6	54,5	55,4	56,2	57,0
6000	47,5	48,4	49,4	50,3	51,3	52,2	53,1	54,0	54,9	55,8	56,7	57,6	58,5
6100						53,6	54,5	55,4	56,3	57,2	58,1	59,0	59,9
6200						54,9	55,8	56,7	57,7	58,6	59,5	60,4	61,3
6300						56,3	57,2	58,1	59,1	60,0	60,9	61,9	62,8
6400						57,6	58,6	59,5	60,5	61,4	62,4	63,3	64,3
6500						59,0	60,0	60,9	61,9	62,9	63,8	64,8	65,8

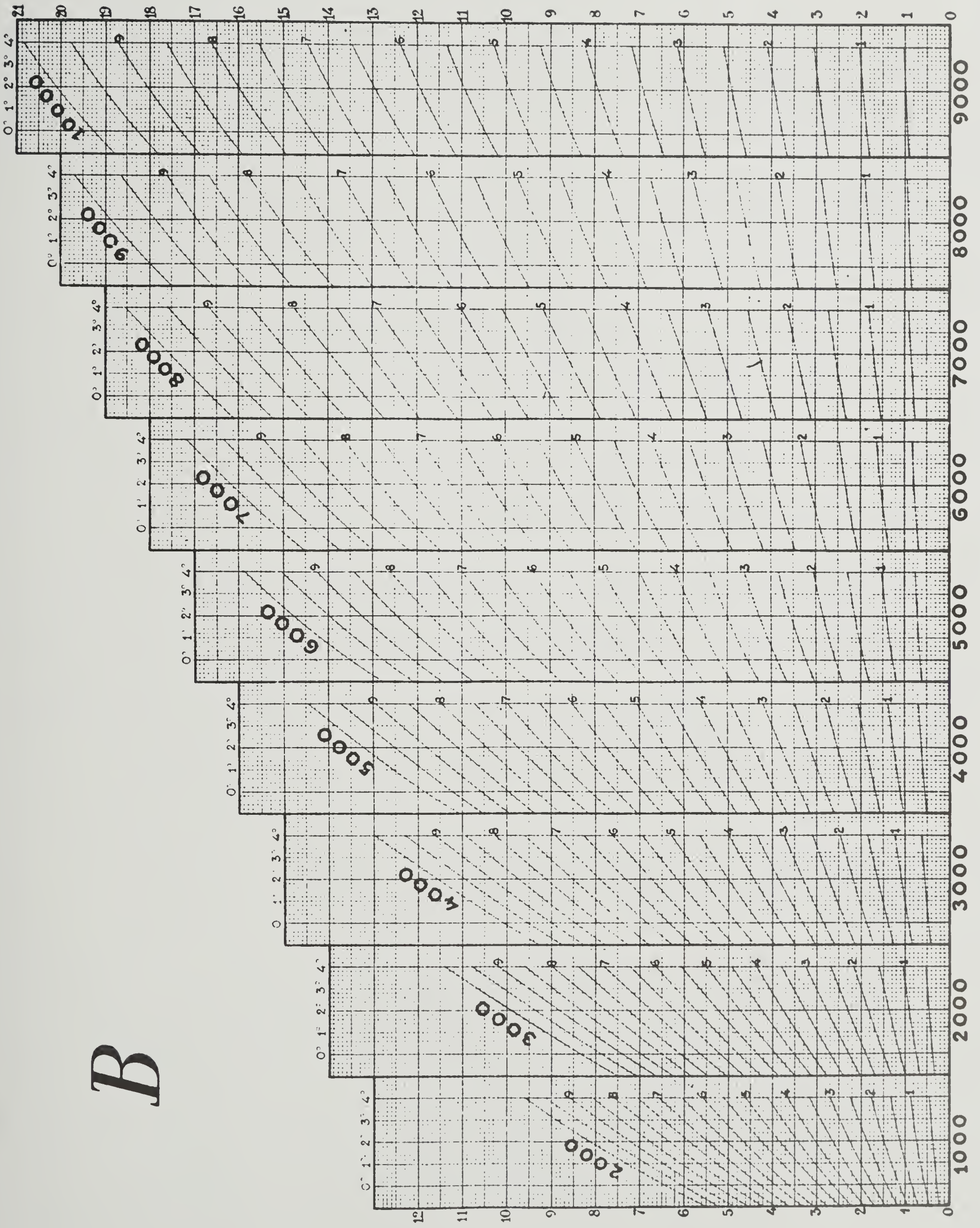
$m \backslash t_m$	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0
2000	13,4	13,8	14,1	14,4	14,7	15,1	15,4	15,7	16,0	16,3	16,6	16,9	17,2
2100	14,3	14,7	15,0	15,3	15,6	16,0	16,4	16,7	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2
2200	15,1	15,5	15,9	16,2	16,5	17,0	17,3	17,6	18,0	18,3	18,6	19,0	19,3
2300	16,0	16,4	16,8	17,1	17,5	17,9	18,2	18,6	19,0	19,3	19,6	20,0	20,3
2400	16,9	17,3	17,7	18,1	18,5	18,9	19,3	19,6	20,0	20,3	20,7	21,1	21,4
2500	17,8	18,3	18,7	19,0	19,4	19,8	20,2	20,6	21,0	21,4	21,8	22,1	22,5
2600	18,8	19,2	19,6	20,0	20,4	20,9	21,3	21,7	22,1	22,5	22,9	23,3	23,6
2700	19,7	20,2	20,6	21,0	21,4	21,9	22,3	22,7	23,1	23,5	23,9	24,3	24,7
2800	20,7	21,2	21,6	22,0	22,4	22,9	23,4	23,8	24,2	24,6	25,0	25,4	25,9
2900	21,6	22,1	22,6	23,0	23,5	24,0	24,4	24,9	25,3	25,7	26,2	26,6	27,0
3000	22,6	23,1	23,6	24,1	24,5	25,0	25,4	25,9	26,4	26,8	27,3	27,7	28,2
3100	23,6	24,1	24,7	25,2	25,6	26,1	26,5	27,0	27,5	28,0	28,5	28,9	29,4
3200	24,7	25,2	25,7	26,2	26,7	27,2	27,6	28,1	28,6	29,1	29,6	30,1	30,6
3300	25,8	26,3	26,8	27,3	27,8	28,3	28,8	29,3	29,8	30,3	30,8	31,3	31,8
3400	26,8	27,3	27,9	28,4	28,9	29,4	29,9	30,4	30,9	31,4	31,9	32,4	33,0
3500	27,9	28,4	29,0	29,5	30,0	30,5	31,0	31,5	32,1	32,6	33,2	33,7	34,2
3600	28,9	29,5	30,1	30,7	31,2	31,7	32,2	32,8	33,4	33,9	34,4	34,9	35,5
3700	30,0	30,6	31,2	31,8	32,3	32,9	33,4	34,0	34,6	35,1	35,7	36,2	36,7
3800	31,2	31,8	32,4	33,0	33,5	34,1	34,6	35,2	35,8	36,3	36,9	37,4	38,0
3900	32,3	32,9	33,5	34,1	34,7	35,3	35,8	36,4	37,0	37,6	38,2	38,7	39,3
4000	33,5	34,1	34,7	35,3	35,9	36,5	37,1	37,7	38,3	38,9	39,4	40,0	40,6
4100	34,6	35,3	35,9	36,5	37,1	37,7	38,3	38,9	39,5	40,2	40,7	41,3	41,9
4200	35,8	36,5	37,1	37,7	38,4	39,0	39,6	40,2	40,8	41,4	42,0	42,6	43,3
4300	37,0	37,7	38,3	38,9	39,6	40,2	40,9	41,5	42,2	42,8	43,4	44,0	44,6
4400	38,2	38,9	39,5	40,2	40,9	41,5	42,2	42,8	43,5	44,1	44,7	45,3	46,0
4500	39,4	40,1	40,8	41,5	42,1	42,8	43,5	44,1	44,8	45,4	46,0	46,7	47,3
4600	40,7	41,4	42,0	42,7	43,4	44,1	44,8	45,4	46,1	46,8	47,4	48,1	48,7
4700	42,0	42,6	43,3	44,0	44,7	45,4	46,1	46,8	47,5	48,2	48,8	49,5	50,1
4800	43,2	43,9	44,6	45,3	46,0	46,7	47,4	48,1	48,8	49,5	50,1	50,8	51,5
4900	44,5	45,2	45,9	46,6	47,3	48,0	48,8	49,5	50,2	50,9	51,6	52,3	53,0
5000	45,7	46,4	47,2	47,9	48,7	49,4	50,2	50,9	51,6	52,3	53,0	53,7	54,4
5100	47,0	47,7	48,5	49,2	50,0	50,8	51,6	52,3	53,0	53,7	54,4	55,1	55,8
5200	48,3	49,0	49,8	50,6	51,4	52,2	53,0	53,7	54,4	55,1	55,9	56,6	57,3
5300	49,6	50,4	51,2	52,0	52,8	53,5	54,3	55,1	55,8	56,6	57,3	58,0	58,8
5400	51,0	51,8	52,6	53,4	54,2	54,9	55,8	56,5	57,3	58,0	58,8	59,5	60,2
5500	52,3	53,1	53,9	54,7	55,5	56,3	57,2	58,0	58,7	59,5	60,2	61,0	61,7
5600	53,7	54,5	55,3	56,1	57,0	57,8	58,7	59,4	60,2	61,0	61,7	62,5	63,3
5700	55,1	55,9	56,8	57,5	58,4	59,2	60,1	60,9	61,6	62,4	63,2	64,0	64,8
5800	56,5	57,3	58,2	59,0	59,9	60,7	61,6	62,4	63,1	63,9	64,7	65,5	66,3
5900	57,9	58,7	59,6	60,4	61,3	62,1	63,0	63,9	64,7	65,4	66,2	67,0	67,8
6000	59,3	60,2	61,1	61,9	62,8	63,6	64,5	65,3	66,1	66,9	67,8	68,6	69,4
6100	60,7	61,6	62,6	63,4	64,3	65,1	66,0	66,8					
6200	62,2	63,1	64,0	64,9	65,8	66,6	67,5	68,3					
6300	63,6	64,6	65,5	66,2	67,3	68,1	69,0	69,9					
6400	65,2	66,1	67,0	67,8	68,7	69,6	70,5	71,4					
6500	66,6	67,5	68,5	69,4	70,3	71,2	72,1	73,0					

A



Adiabatic variations. Corrections to be applied to Table A for depths between those found in this table.

B



Adiabatic variations. Corrections to be applied to Table B for depths between those found in this table.

COLUMBIA LIBRARIES OFFSITE



CU90642309

