

黑体辐射数据表

朱焕文 刘贤诗 俞福堂 编
郑亲波 杨存武

科学出版社

黑
本
辐
射
数
据
表

科

53.781.075

社

R
53.781075
225

黑 体 辐 射 数 据 表

朱焕文 刘贤诗
郑亲波 杨存武 俞福堂 编

310570 / 5



内 容 简 介

本书是红外和可见光辐射研究领域的工具书,列表给出黑体的能量辐射、光子辐射的数值,包括可见光波段的面发光度和亮度数值、普朗克公式对温度求导数的微分辐射出射度等。诸表的波长和温度的范围和间隔均根据实践合理选定,数据以五位有效数字表示。基本物理量采用国际科学协会科学数据委员会 1973 年正式采用的数值。

本书可供有关科研和工程技术人员以及大专院校师生研究探测器性能、系统设计和分析计算参考。

黑 体 辐 射 数 据 表

朱焕文 刘贤诗 俞福堂 编
郑亲波 杨存武

责任编辑 赵惠芝

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1984 年 4 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16
1984 年 4 月第一次印刷 印张: 17 1/4
印数: 0001—2,500 字数: 396,000

统一书号: 15031·2501

本社书号: 3434·13—3

定价 3.00 元

序 言

1900年 M. 普朗克发表的黑体辐射公式在物理学上是一项划时代的成就。在此以前,黑体辐射的波长分布虽然已经有了相当可靠的实验数据,但经典物理学的理论解释却导致了非常尖锐的矛盾。这一问题在经典物理学范畴内是无法合理地解决的。普朗克引进了量子化的假设,推导出表达黑体辐射波长分布的公式。量子化假设已成为二十世纪物理学的基石。尽管这个黑体辐射公式在形式上极为复杂,但它却能精确地符合当时已有的实验数据。后来,随着物理学的发展,温度和波长的实验范围都有了颇大的扩充,这个公式的准确性也相应地得到了更广泛的验证。

本世纪六十年代,在波长 1 毫米到 100 厘米范围内,对宇宙背景辐射的测量结果仍然符合普朗克公式,证实了宇宙空间有 2.7K 的热背景存在。

第二次世界大战后,红外科学技术迅速发展,普朗克公式就成为这门技术科学的基本公式之一,红外辐射探测器的研制和红外技术系统的设计都要经常使用这个公式。但由于它包含超越函数,使用时计算甚为不便,因此有必要把它编制成数据表。例如 1964 年 M. A. Брамсон 编著的《热体红外辐射参考数据表》(Справочные таблицы по инфракрасному излучению нагретых тел) 就是一本比较实用的数据表,这本数据表在我国有一定的流通量,美国在 1965 年即把它翻译出版了。此外,美国还有一种计算尺,能比较方便地算出所需的数据。随着红外科学技术的进一步发展,特别在遥感技术中,它的应用日益广泛。在这种情况下,М. А. Брамсон 那本数据表在温度范围和波长间隔等方面已远不能满足使用者的要求,而且国际科学协会科学技术数据委员会正式宣布采用 1973 年国际计量委员会推荐的物理常数最新数值,因此,必须重新编制一本黑体辐射数据表,以适应新的情况。

中国科学院大邑光电技术研究所和中国科学院上海技术物理研究所曾根据本单位的工作需要,各自编制了相应的黑体辐射数据表,在小范围内使用。最近,上述两单位的有关同志,在原有工作基础上,共同商定表格种类、温度范围和波长间隔,分工计算,然后互相校验,联合编制了这本黑体辐射数据表。该表除一般数据表所包含的能量辐射、光子辐射的数值外,还根据我国的实际需要,增加了可见光辐射(以流明为单位)、普朗克公式对温度求导数的微分辐射出射度等内容。

我认为,这本数据表的编制比较认真、细致。相信它的出版将能满足比较广泛的科技工作者的需要。

汤定元

1983 年 6 月

编制说明

一、本数据表的表格种类、温度范围及波长间隔的选择是根据使用者方便和整本数据表不宜太厚这两者之间取折衷而定的。

表一、五、六、七主要以波长为变数，按温度分页，给出各种辐射量的绝对数；表二和表三则以 λT 作变数，给出比值，供配合表一的数据查找与任何温度下任何波长相对应的各种辐射量。表五(B)列出了若干温度点的发光率，这为可见光光谱学研究工作提供了方便。

对于习惯以波数作为变数的读者，可从表四和表八中查得有关数据。

为了读者查找方便，在各表之前均分别列有计算公式、符号意义和使用方法等详细说明，以供参照。

二、本数据表主要是根据普朗克公式

$$m_\lambda = \frac{c_1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{c_2/\lambda T} - 1}$$

应用国产 TQ-16 电子计算机进行有关计算，对数据作了四舍五入处理。所有的数据都列出五位有效数字。各数据值均为这个五位有效数乘以 10 的 n 次方幂，数据后括号内的数字即为幂指数(n)。例如：9.3816(-1)即为 9.3816×10^{-1} ；1.6715(2)即为 1.6715×10^2 等等。

三、本数据表所涉及的物理常数数值均采取国际科学协会科学技术数据委员会正式采用的基本常数的最新数值*：

光速 $c = 2.99792458 \times 10^8$ 米·秒⁻¹

普朗克常数 $h = 6.626176 \times 10^{-34}$ 焦耳·秒

玻耳兹曼常数 $k = 1.380662 \times 10^{-23}$ 焦耳·K⁻¹

斯忒藩-玻耳兹曼常数 $\sigma = 5.67032 \times 10^{-12}$ 瓦·厘米⁻²·K⁻⁴

第一辐射系数 $c_1 = 3.741832 \times 10^4$ 瓦·微米⁴·厘米⁻²

第二辐射系数 $c_2 = 1.438786 \times 10^4$ 微米·K

(当温度高于 1337.58K 时， $c_2 = 1.4388 \times 10^4$ 微米·K)

四、本数据表所采用的术语和单位，基本参照汤定元写的“关于光度学和辐射度学一些名词的意见”一文**，它与常见的同义语(括弧内)对照归纳如下：

1. 辐射出射度(总辐射通量密度) $M_{0-\infty}$ ，瓦·厘米⁻² (W·cm⁻²)；
2. 光子出射度(总辐射通量光子密度) $N_{0-\infty}$ ，光子数·秒⁻¹·厘米⁻² (photons·s⁻¹·cm⁻²)；
3. 微分辐射出射度(总微分辐射通量密度) $\Delta M_{0-\infty}$ ，瓦·厘米⁻²·K⁻¹ (W·cm⁻²·K⁻¹)；
4. 相对辐射出射度(相对辐射通量密度) $K_M(\lambda T)$ ，无量纲；
5. 相对光子出射度(相对辐射通量光子密度) $K_N(\lambda T)$ ，无量纲；

* J. Phys. Chem. Ref. Data, vol. 2, No. 4, p. 741(1973).

** 《物理》，No. 3(1973)，科学出版社。

6. 相对微分辐射出射度(相对微分辐射通量密度) $K_{\Delta M}(\lambda T)$, 无量纲;
7. 波长 λ , 微米 (μ);
8. 波数 ν , 厘米⁻¹ (cm^{-1});
9. 单色辐射出射度(分谱辐射密度) m_{λ} , 瓦·厘米⁻²·微米⁻¹ ($\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\mu^{-1}$);
10. 波段辐射出射度(辐射通量密度) $M_{0-\lambda}$, 瓦·厘米⁻² ($\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$);
11. 辐射出射度峰值波长(辐射通量密度的峰值波长) λ_m , 微米 (μ);
12. 辐射出射度峰值(对应峰值波长的分谱辐射密度) M_{λ_m} , 瓦·厘米⁻²·微米⁻¹ ($\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\mu^{-1}$);
13. 单色光出射度(分谱面发光度) $m_{v\lambda}$, 流明·厘米⁻²·微米⁻¹ ($\text{lm}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\mu^{-1}$);
14. 波段光出射度(通量面发光度) $M_{0.36-\lambda}$, 流明·厘米⁻² ($\text{lm}\cdot\text{cm}^{-2}$);
15. 单色发光率(分谱亮度) L_{λ} , 熙提·微米⁻¹ ($\text{sb}\cdot\mu^{-1}$)*;
16. 发光率(通量亮度) L , 熙提 (sb);
17. 波段微分辐射出射度(微分辐射通量密度) $\Delta M_{0-\lambda}$, 瓦·厘米⁻²·K⁻¹ ($\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$);
18. 单色光子出射度(分谱辐射光子密度) n_{λ} , 光子数·秒⁻¹·厘米⁻²·微米⁻¹ (photons·s⁻¹·cm⁻²·μ⁻¹);
19. 波段光子出射度(辐射通量光子密度) $N_{0-\lambda}$, 光子数·秒⁻¹·厘米⁻² (photons·s⁻¹·cm⁻²);
20. 光子出射度峰值波长(辐射通量光子密度峰值波长) λ_n , 微米 (μ);
21. 光子出射度峰值(对应峰值波长的分谱辐射光子密度) N_{λ_n} , 光子数·秒⁻¹·厘米⁻²·微米⁻¹ (photons·s⁻¹·cm⁻²·μ⁻¹);
22. 光视效率 $V(\lambda)$, 无量纲;
23. 光视效能 K , 流明·瓦⁻¹ ($\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$).

五、中国科学院大邑光电技术研究所郭瑞祥和孙国良同志为本数据表的编制进行了一定工作,特此表示感谢。

* 熙提 (sb) 并非国际标准单位,参见表五(B)说明。

目 录

序言.....	ii
编制说明.....	iii
表一 辐射出射度 $M_{0-\infty}$, 光子出射度 $N_{0-\infty}$, 微分辐射出射度 $\Delta M_{0-\infty}$	1
表二 相对辐射出射度 $K_M(\lambda T)$, 相对光子出射度 $K_N(\lambda T)$	5
表三 相对微分辐射出射度 $K_{\Delta M}(\lambda T)$	18
表四 波长-波数对照表	24
表五(A) 单色辐射出射度 m_λ , 波段辐射出射度 $M_{0-\lambda}$, 辐射出射度峰值波长 λ_m , 辐射出射度峰值 M_{λ_m} , 辐射出射度 $M_{0-\infty}$	27
表五(B) 单色辐射出射度 m_λ , 波段辐射出射度 $M_{0-\lambda}$, 单色光出射度 $m_{\nu\lambda}$, 波段 光出射度 $M_{\nu 0.36-\lambda}$, 单色发光率 L_λ , 发光率 L	182
表六 波段微分辐射出射度 $\Delta M_{0-\lambda}$	221
表七 单色光子出射度 n_λ , 波段光子出射度 $N_{0-\lambda}$, 光子出射度峰值波长 λ_n , 光子 出射度峰值 N_{λ_n} , 光子出射度 $N_{0-\infty}$	248
表八 单色光子出射度 n_ν , 波段光子出射度 $N_{\infty-\nu}$	265

**表一 辐射出射度 $M_{0-\infty}$, 光子出射度 $N_{0-\infty}$,
微分辐射出射度 $\Delta M_{0-\infty}$**

1. 辐射出射度 $M_{0-\infty}$ (瓦·厘米⁻²) 积分普朗克公式, 得斯忒藩-玻耳兹曼公式, 即

$$\begin{aligned} M_{0-\infty} &= \int_0^{\infty} \frac{c_1}{\lambda^5 (e^{c_2/\lambda T} - 1)} d\lambda \\ &= \frac{2\pi^5 k^4}{15 c^2 h^3} T^4 = \sigma T^4. \end{aligned}$$

2. 光子出射度 $N_{0-\infty}$ (光子数·秒⁻¹·厘米⁻²) 将普朗克公式除以一个光子的能量 hc/λ , 积分, 即得

$$\begin{aligned} N_{0-\infty} &= \int_0^{\infty} \frac{2\pi c}{\lambda^4} \cdot \frac{d\lambda}{e^{ch/kT\lambda} - 1} \\ &= \frac{4\pi k^3 T^3}{c^2 h^3} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^3}. \end{aligned}$$

按所需精度算得 $\sum_{n=1}^{100001} \frac{1}{n^3} = 1.20205690$, 因此,

$$N_{0-\infty} = 1.20205690 \frac{4\pi k^3}{c^2 h^3} T^3.$$

3. 微分辐射出射度 $\Delta M_{0-\infty}$ (瓦·厘米⁻²·K⁻¹) 将普朗克公式对温度 T 求偏导数, 并对波长 λ 从 0 到 ∞ 积分, 即得

$$\begin{aligned} \Delta M_{0-\infty} &= \int_0^{\infty} \frac{\partial}{\partial T} \left[\frac{c_1}{\lambda^5 (e^{c_2/\lambda T} - 1)} \right] d\lambda \\ &= \int_0^{\infty} \frac{c_1 c_2}{\lambda^6 T^2} \cdot \frac{e^{c_2/\lambda T}}{(e^{c_2/\lambda T} - 1)^2} d\lambda = 4\sigma T^3. \end{aligned}$$

4. 本表的数据范围

温 度 $T(K)$	间 隔 $\Delta T(K)$
50—200	10
200—400	2
400—4000	100
4000—6000	200
6000—20000	500

例 1 对温度 $T = 350K$, 在表中 T 列上查出 350 这一横行上的三个数值分别为

$$M_{0-\infty}|_{T=350} = 8.5090 \times 10^{-2} \text{ (瓦·厘米}^{-2}\text{),}$$

$$N_{0-\infty}|_{T=350} = 6.5188 \times 10^{18} \text{ (光子数·秒}^{-1}\text{·厘米}^{-2}\text{),}$$

$$\Delta M_{0-\infty}|_{T=350} = 9.7246 \times 10^{-4} \text{ (瓦·厘米}^{-2}\text{·K}^{-1}\text{).}$$

例 2 求在 $T = 350\text{K}$ 的背景下, 温差为 0.05K 的目标辐射出射度与背景辐射出射度的差值 $\Delta M_{0-\infty}(\Delta T)|_T$. 从例 1 得

$$\Delta M_{0-\infty}|_{T=350} = 9.7246 \times 10^{-4} (\text{瓦} \cdot \text{厘米}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}),$$

再乘以给定温差, 即得

$$\begin{aligned} \Delta M_{0-\infty}(\Delta T = 0.05\text{K})|_{T=350} &= \Delta M_{0-\infty}|_{T=350} \times \Delta T \\ &= 9.7246 \times 10^{-4} \times 0.05 = 4.8623 \times 10^{-5} (\text{瓦} \cdot \text{厘米}^{-2}). \end{aligned}$$

T	$M_{0-\infty}$	$N_{0-\infty}$	$\Delta M_{0-\infty}$	T	$M_{0-\infty}$	$N_{0-\infty}$	$\Delta M_{0-\infty}$
50	3.5440(-5)	1.9005(16)	2.8352(-6)	270	3.0134(-2)	2.9927(18)	4.4644(-4)
60	7.3487(-5)	3.2841(16)	4.8992(-6)	272	3.1037(-2)	3.0597(18)	4.5643(-4)
70	1.3614(-4)	5.2151(16)	7.7797(-6)	274	3.1960(-2)	3.1277(18)	4.6657(-4)
80	2.3226(-4)	7.7846(16)	1.1613(-5)	276	3.2904(-2)	3.1966(18)	4.7686(-4)
90	3.7203(-4)	1.1084(17)	1.6535(-5)	278	3.3868(-2)	3.2666(18)	4.8731(-4)
100	5.6703(-4)	1.5204(17)	2.2681(-5)	280	3.4853(-2)	3.3376(18)	4.9790(-4)
110	8.3019(-4)	2.0237(17)	3.0189(-5)	282	3.5859(-2)	3.4097(18)	5.0865(-4)
120	1.1758(-3)	2.6273(17)	3.9193(-5)	284	3.6888(-2)	3.4827(18)	5.1954(-4)
130	1.6195(-3)	3.3404(17)	4.9831(-5)	286	3.7938(-2)	3.5568(18)	5.3060(-4)
140	2.1783(-3)	4.1721(17)	6.2237(-5)	288	3.9010(-2)	3.6320(18)	5.4181(-4)
150	2.8706(-3)	5.1315(17)	7.6549(-5)	290	4.0105(-2)	3.7082(18)	5.5317(-4)
160	3.7161(-3)	6.2277(17)	9.2903(-5)	292	4.1223(-2)	3.7854(18)	5.6470(-4)
170	4.7359(-3)	7.4699(17)	1.1143(-4)	294	4.2364(-2)	3.8637(18)	5.7638(-4)
180	5.9525(-3)	8.8672(17)	1.3228(-4)	296	4.3529(-2)	3.9431(18)	5.8822(-4)
190	7.3896(-3)	1.0429(18)	1.5557(-4)	298	4.4717(-2)	4.0236(18)	6.0023(-4)
200	9.0725(-3)	1.2163(18)	1.8145(-4)	300	4.5930(-2)	4.1052(18)	6.1239(-4)
202	9.4409(-3)	1.2532(18)	1.8695(-4)	302	4.7167(-2)	4.1878(18)	6.2472(-4)
204	9.8204(-3)	1.2908(18)	1.9256(-4)	304	4.8429(-2)	4.2716(18)	6.3722(-4)
206	1.0211(-2)	1.3291(18)	1.9828(-4)	306	4.9716(-2)	4.3564(18)	6.4988(-4)
208	1.0614(-2)	1.3682(18)	2.0411(-4)	308	5.1028(-2)	4.4424(18)	6.6270(-4)
210	1.1028(-2)	1.4081(18)	2.1005(-4)	310	5.2367(-2)	4.5295(18)	6.7570(-4)
212	1.1454(-2)	1.4487(18)	2.1611(-4)	312	5.3731(-2)	4.6178(18)	6.8886(-4)
214	1.1892(-2)	1.4901(18)	2.2228(-4)	314	5.5122(-2)	4.7071(18)	7.0219(-4)
216	1.2343(-2)	1.5322(18)	2.2858(-4)	316	5.6540(-2)	4.7976(18)	7.1570(-4)
218	1.2807(-2)	1.5752(18)	2.3498(-4)	318	5.7985(-2)	4.8893(18)	7.2937(-4)
220	1.3283(-2)	1.6190(18)	2.4151(-4)	320	5.9458(-2)	4.9821(18)	7.4322(-4)
222	1.3773(-2)	1.6635(18)	2.4816(-4)	322	6.0958(-2)	5.0761(18)	7.5724(-4)
224	1.4276(-2)	1.7089(18)	2.5492(-4)	324	6.2487(-2)	5.1713(18)	7.7144(-4)
226	1.4792(-2)	1.7551(18)	2.6181(-4)	326	6.4044(-2)	5.2677(18)	7.8582(-4)
228	1.5323(-2)	1.8021(18)	2.6883(-4)	328	6.5630(-2)	5.3652(18)	8.0037(-4)
230	1.5868(-2)	1.8499(18)	2.7596(-4)	330	6.7246(-2)	5.4640(18)	8.1510(-4)
232	1.6427(-2)	1.8986(18)	2.8322(-4)	332	6.8891(-2)	5.5639(18)	8.3001(-4)
234	1.7001(-2)	1.9481(18)	2.9061(-4)	334	7.0566(-2)	5.6651(18)	8.4510(-4)
236	1.7590(-2)	1.9985(18)	2.9813(-4)	336	7.2271(-2)	5.7675(18)	8.6037(-4)
238	1.8193(-2)	2.0497(18)	3.0577(-4)	338	7.4007(-2)	5.8711(18)	8.7583(-4)
240	1.8813(-2)	2.1018(18)	3.1355(-4)	340	7.5775(-2)	5.9759(18)	8.9147(-4)
242	1.9448(-2)	2.1548(18)	3.2145(-4)	342	7.7573(-2)	6.0820(18)	9.0729(-4)
244	2.0099(-2)	2.2087(18)	3.2949(-4)	344	7.9404(-2)	6.1893(18)	9.2330(-4)
246	2.0766(-2)	2.2635(18)	3.3765(-4)	346	8.1267(-2)	6.2979(18)	9.3950(-4)
248	2.1449(-2)	2.3191(18)	3.4596(-4)	348	8.3162(-2)	6.4077(18)	9.5588(-4)
250	2.2150(-2)	2.3757(18)	3.5440(-4)	350	8.5090(-2)	6.5188(18)	9.7246(-4)
252	2.2867(-2)	2.4331(18)	3.6297(-4)	352	8.7052(-2)	6.6312(18)	9.8923(-4)
254	2.3602(-2)	2.4915(18)	3.7168(-4)	354	8.9047(-2)	6.7449(18)	1.0062(-3)
256	2.4354(-2)	2.5509(18)	3.8053(-4)	356	9.1077(-2)	6.8599(18)	1.0233(-3)
258	2.5124(-2)	2.6111(18)	3.8952(-4)	358	9.3141(-2)	6.9761(18)	1.0407(-3)
260	2.5912(-2)	2.6723(18)	3.9865(-4)	360	9.5240(-2)	7.0937(18)	1.0582(-3)
262	2.6719(-2)	2.7345(18)	4.0792(-4)	362	9.7374(-2)	7.2126(18)	1.0760(-3)
264	2.7544(-2)	2.7976(18)	4.1733(-4)	364	9.9544(-2)	7.3328(18)	1.0939(-3)
266	2.8388(-2)	2.8616(18)	4.2689(-4)	366	1.0175(-1)	7.4544(18)	1.1120(-3)
268	2.9251(-2)	2.9267(18)	4.3659(-4)	368	1.0399(-1)	7.5772(18)	1.1303(-3)

说明: 括号内的数字是 10 的幂指数(下同)。

T	$M_{0-\infty}$	$N_{0-\infty}$	$\Delta M_{0-\infty}$	T	$M_{0-\infty}$	$N_{0-\infty}$	$\Delta M_{0-\infty}$
370	1.0627(-1)	7.7014(18)	1.1489(-3)	3400	7.5775(2)	5.5759(21)	8.9147(-1)
372	1.0859(-1)	7.8270(18)	1.1676(-3)	3500	8.5090(2)	6.5188(21)	9.7246(-1)
374	1.1094(-1)	7.9539(18)	1.1865(-3)	3600	9.5240(2)	7.0937(21)	1.0582(0)
376	1.1333(-1)	8.0822(18)	1.2057(-3)	3700	1.0627(3)	7.7014(21)	1.1489(0)
378	1.1576(-1)	8.2119(18)	1.2250(-3)	3800	1.1823(3)	8.3429(21)	1.2446(0)
380	1.1823(-1)	8.3429(18)	1.2446(-3)	3900	1.3118(3)	9.0190(21)	1.3454(0)
382	1.2074(-1)	8.4753(18)	1.2648(-3)	4000	1.4516(3)	9.7308(21)	1.4516(0)
384	1.2329(-1)	8.6092(18)	1.2843(-3)	4200	1.7644(3)	1.1265(22)	1.6804(0)
386	1.2588(-1)	8.7444(18)	1.3045(-3)	4400	2.1253(3)	1.2952(22)	1.9321(0)
388	1.2851(-1)	8.8810(18)	1.3248(-3)	4600	2.5389(3)	1.4799(22)	2.2077(0)
390	1.3118(-1)	9.0190(18)	1.3454(-3)	4800	3.0100(3)	1.6815(22)	2.5084(0)
392	1.3389(-1)	9.1585(18)	1.3662(-3)	5000	3.5440(3)	1.9005(22)	2.8352(0)
394	1.3664(-1)	9.2994(18)	1.3873(-3)	5200	4.1459(3)	2.1378(22)	3.1892(0)
396	1.3944(-1)	9.4417(18)	1.4085(-3)	5400	4.8215(3)	2.3941(22)	3.5715(0)
398	1.4228(-1)	9.5855(18)	1.4299(-3)	5600	5.5765(3)	2.6701(22)	3.9832(0)
400	1.4516(-1)	9.7308(18)	1.4516(-3)	5800	6.4168(3)	2.9665(22)	4.4254(0)
500	3.5440(-1)	1.9005(19)	2.8352(-3)	6000	7.3487(3)	3.2841(22)	4.8992(0)
600	7.3487(-1)	3.2841(19)	4.8992(-3)	6500	1.0122(4)	4.1755(22)	6.2288(0)
700	1.3614(0)	5.2151(19)	7.7797(-3)	7000	1.3614(4)	5.2151(22)	7.7797(0)
800	2.3226(0)	7.7846(19)	1.1613(-2)	7500	1.7941(4)	6.4143(22)	9.5687(0)
900	3.7203(0)	1.1084(20)	1.6535(-2)	8000	2.3226(4)	7.7846(22)	1.1613(1)
1000	5.6703(0)	1.5204(20)	2.2681(-2)	8500	2.9599(4)	9.3373(22)	1.3929(1)
1100	8.3019(0)	2.0237(20)	3.0189(-2)	9000	3.7203(4)	1.1084(23)	1.6535(1)
1200	1.1758(1)	2.6273(20)	3.9193(-2)	9500	4.6185(4)	1.3036(23)	1.9446(1)
1300	1.6195(1)	3.3404(20)	4.9831(-2)	10000	5.6703(4)	1.5204(23)	2.2681(1)
1400	2.1783(1)	4.1721(20)	6.2237(-2)	10500	6.8923(4)	1.7601(23)	2.6256(1)
1500	2.8706(1)	5.1315(20)	7.6549(-2)	11000	8.3019(4)	2.0237(23)	3.0189(1)
1600	3.7161(1)	6.2277(20)	9.2903(-2)	11500	9.9174(4)	2.3124(23)	3.4495(1)
1700	4.7359(1)	7.4699(20)	1.1143(-1)	12000	1.1758(5)	2.6273(23)	3.9193(1)
1800	5.9525(1)	8.8672(20)	1.3228(-1)	12500	1.3844(5)	2.9696(23)	4.4299(1)
1900	7.3896(1)	1.0429(21)	1.5557(-1)	13000	1.6195(5)	3.3404(23)	4.9831(1)
2000	9.0725(1)	1.2163(21)	1.8145(-1)	13500	1.8834(5)	3.7408(23)	5.5804(1)
2100	1.1028(2)	1.4081(21)	2.1005(-1)	14000	2.1783(5)	4.1721(23)	6.2237(1)
2200	1.3283(2)	1.6190(21)	2.4151(-1)	14500	2.5066(5)	4.6352(23)	6.9147(1)
2300	1.5868(2)	1.8499(21)	2.7596(-1)	15000	2.8706(5)	5.1315(23)	7.6549(1)
2400	1.8813(2)	2.1018(21)	3.1355(-1)	15500	3.2729(5)	5.6619(23)	8.4462(1)
2500	2.2150(2)	2.3757(21)	3.5440(-1)	16000	3.7161(5)	6.2277(23)	9.2903(1)
2600	2.5912(2)	2.6723(21)	3.9865(-1)	16500	4.2028(5)	6.8300(23)	1.0189(2)
2700	3.0134(2)	2.9927(21)	4.4644(-1)	17000	4.7359(5)	7.4699(23)	1.1143(2)
2800	3.4853(2)	3.3376(21)	4.9790(-1)	17500	5.3181(5)	8.1486(23)	1.2156(2)
2900	4.0105(2)	3.7082(21)	5.5317(-1)	18000	5.9525(5)	8.8672(23)	1.3228(2)
3000	4.5930(2)	4.1052(21)	6.1239(-1)	18500	6.6419(5)	9.6268(23)	1.4361(2)
3100	5.2367(2)	4.5295(21)	6.7570(-1)	19000	7.3896(5)	1.0429(24)	1.5557(2)
3200	5.9458(2)	4.9821(21)	7.4322(-1)	19500	8.1987(5)	1.1274(24)	1.6818(2)
3300	6.7246(2)	5.4640(21)	8.1510(-1)	20000	9.0725(5)	1.2163(24)	1.8145(2)

表二 相对辐射出射度 $K_M(\lambda T)$, 相对光子出射度 $K_N(\lambda T)$

1. 相对辐射出射度 $K_M(\lambda T)$ 它是普朗克公式对波长从 0 到 λ 的积分值与从 0 到 ∞ 的积分值之比, 即

$$K_M(\lambda T) = \frac{M_{0-\lambda}}{M_{0-\infty}} = \frac{\int_0^\lambda c_1 \lambda^{-5} (e^{c_2/\lambda T} - 1)^{-1} d\lambda}{\int_0^\infty c_1 \lambda^{-5} (e^{c_2/\lambda T} - 1)^{-1} d\lambda}$$

令 $x = \lambda T$, 变换后得

$$K_M(\lambda T) = K_M(x) = \frac{\int_0^x x^{-5} (e^{c_2/x} - 1)^{-1} dx}{\int_0^\infty x^{-5} (e^{c_2/x} - 1)^{-1} dx};$$

数据以 λT 为变数给出。

2. 相对光子出射度 $K_N(\lambda T)$ 它是普朗克公式除以一个光子的能量 hc/λ 后, 对波长从 0 到 λ 的积分值与从 0 到 ∞ 的积分值之比, 即

$$K_N(\lambda T) = \frac{N_{0-\lambda}}{N_{0-\infty}} = \frac{\int_0^\lambda 2\pi c \lambda^{-4} (e^{hc/\lambda T} - 1)^{-1} d\lambda}{\int_0^\infty 2\pi c \lambda^{-4} (e^{hc/\lambda T} - 1)^{-1} d\lambda} = \frac{\int_0^\lambda \lambda^{-4} (e^{c_2/\lambda T} - 1)^{-1} d\lambda}{\int_0^\infty \lambda^{-4} (e^{c_2/\lambda T} - 1)^{-1} d\lambda}$$

令 $x = \lambda T$, 变换后得

$$K_N(\lambda T) = K_N(x) = \frac{\int_0^x x^{-4} (e^{c_2/x} - 1)^{-1} dx}{\int_0^\infty x^{-4} (e^{c_2/x} - 1)^{-1} dx};$$

数据以 λT 为变数给出。

3. 本表数据范围

变量 $x = \lambda T$ (微米·K)	间隔 Δx (微米·K)
200—5000	10
5000—10000	20
10000—50000	200
50000—150000	1000

例 1 对于温度 $T = 300\text{K}$, 波长 $\lambda = 10$ 微米, 则 $x = 3000$ (微米·K) 在 λT 列

查出 3000 这一横行上的两个数值分别为

$$K_M(3000) = \frac{M_{0-10}}{M_{0-\infty}} \Big|_{T=500} = 2.7322 \times 10^{-1},$$

$$K_N(3000) = \frac{N_{0-10}}{N_{0-\infty}} \Big|_{T=300} = 1.1930 \times 10^{-1}.$$

由于是以 $x = \lambda T$ 为变数,这两个数值也适于 $T = 150K, \lambda = 20$ 微米或 $T = 600K, \lambda = 5$ 微米等等,只要温度与波长的乘积 $\lambda T = 3000(\text{微米} \cdot K)$ 即可。

例 2 求目标温度 $T=300K$, 波长从 50 微米到 100 微米之间的波段辐射出射度 $M_{50-100}|_{T=300}$ 和波段光子出射度 $N_{50-100}|_{T=300}$ 。

由 $x = \lambda T$, 得 $x_1 = 15000$ 及 $x_2 = 30000$, 查得

$$K_M(x_1) = 9.6893 \times 10^{-1}, \quad K_N(x_1) = 8.6257 \times 10^{-1},$$

$$K_M(x_2) = 9.9529 \times 10^{-1}, \quad K_N(x_2) = 9.5935 \times 10^{-1};$$

相减后得,

$$K_M(x_2) - K_M(x_1) = \frac{M_{50-100}}{M_{0-\infty}} \Big|_{T=300} = 2.636 \times 10^{-2},$$

$$K_N(x_2) - K_N(x_1) = \frac{N_{50-100}}{N_{0-\infty}} \Big|_{T=300} = 9.678 \times 10^{-2}.$$

从表 1 查得

$$M_{0-\infty}|_{T=300} = 4.5930 \times 10^{-2}(\text{瓦} \cdot \text{厘米}^{-2}),$$

$$N_{0-\infty}|_{T=300} = 4.1052 \times 10^{18}(\text{光子数} \cdot \text{厘米}^{-2});$$

即可求出

$$M_{50-100}|_{T=300} = 1.211 \times 10^{-3}(\text{瓦} \cdot \text{厘米}^{-2});$$

$$N_{50-100}|_{T=300} = 3.973 \times 10^{17}(\text{光子数} \cdot \text{厘米}^{-2}).$$

λT	K_M	K_N	λT	K_M	K_N
200	3.4181(-27)	1.2653(-28)	700	1.8384(-6)	2.2936(-7)
210	9.0968(-26)	3.5334(-27)	710	2.3584(-6)	2.9821(-7)
220	1.7853(-24)	7.2592(-26)	720	3.0032(-6)	3.8477(-7)
230	2.6890(-23)	1.1423(-24)	730	3.7970(-6)	4.9284(-7)
240	3.2141(-22)	1.4236(-23)	740	4.7679(-6)	6.2685(-7)
250	3.1348(-21)	1.4454(-22)	750	5.9480(-6)	7.9194(-7)
260	2.5548(-20)	1.2241(-21)	760	7.3736(-6)	9.9406(-7)
270	1.7751(-19)	8.8259(-21)	770	9.0860(-6)	1.2400(-6)
280	1.0698(-18)	5.5120(-20)	780	1.1131(-5)	1.5377(-6)
290	5.6756(-18)	3.0266(-19)	790	1.3561(-5)	1.8959(-6)
300	2.6853(-17)	1.4803(-18)	800	1.6433(-5)	2.3246(-6)
310	1.1457(-16)	6.5216(-18)	810	1.9812(-5)	2.8352(-6)
320	4.4518(-16)	2.6138(-17)	820	2.3766(-5)	3.4404(-6)
330	1.5889(-15)	9.6132(-17)	830	2.8374(-5)	4.1542(-6)
340	5.2485(-15)	3.2693(-16)	840	3.3720(-5)	4.9924(-6)
350	1.6154(-14)	1.0351(-15)	850	3.9897(-5)	5.9724(-6)
360	4.6604(-14)	3.0692(-15)	860	4.7003(-5)	7.1133(-6)
370	1.2670(-13)	8.5692(-15)	870	5.5148(-5)	8.4361(-6)
380	3.2611(-13)	2.2636(-14)	880	6.4447(-5)	9.9639(-6)
390	7.9815(-13)	5.6816(-14)	890	7.5027(-5)	1.1722(-5)
400	1.8646(-12)	1.3603(-13)	900	8.7020(-5)	1.3737(-5)
410	4.1720(-12)	3.1174(-13)	910	1.0057(-4)	1.6040(-5)
420	8.9690(-12)	6.8602(-13)	920	1.1583(-4)	1.8661(-5)
430	1.8578(-11)	1.4538(-12)	930	1.3296(-4)	2.1636(-5)
440	3.7175(-11)	2.9743(-12)	940	1.5213(-4)	2.5002(-5)
450	7.2025(-11)	5.8892(-12)	950	1.7352(-4)	2.8797(-5)
460	1.3541(-10)	1.1309(-11)	960	1.9732(-4)	3.3065(-5)
470	2.4750(-10)	2.1104(-11)	970	2.2373(-4)	3.7850(-5)
480	4.4060(-10)	3.8341(-11)	980	2.5296(-4)	4.3201(-5)
490	7.6522(-10)	6.7924(-11)	990	2.8522(-4)	4.9167(-5)
500	1.2985(-9)	1.1752(-10)	1000	3.2075(-4)	5.5804(-5)
510	2.1558(-9)	1.9887(-10)	1010	3.5977(-4)	6.3166(-5)
520	3.5065(-9)	3.2955(-10)	1020	4.0252(-4)	7.1315(-5)
530	5.5939(-9)	5.3543(-10)	1030	4.4928(-4)	8.0312(-5)
540	8.7624(-9)	8.5388(-10)	1040	5.0028(-4)	9.0224(-5)
550	1.3491(-8)	1.3380(-9)	1050	5.5581(-4)	1.0112(-4)
560	2.0435(-8)	2.0620(-9)	1060	6.1613(-4)	1.1307(-4)
570	3.0480(-8)	3.1280(-9)	1070	6.8153(-4)	1.2614(-4)
580	4.4802(-8)	4.6748(-9)	1080	7.5231(-4)	1.4043(-4)
590	6.4947(-8)	6.8884(-9)	1090	8.2876(-4)	1.5600(-4)
600	9.2921(-8)	1.0015(-8)	1100	9.1117(-4)	1.7295(-4)
610	1.3129(-7)	1.4375(-8)	1110	9.9987(-4)	1.9135(-4)
620	1.8332(-7)	2.0385(-8)	1120	1.0952(-3)	2.1130(-4)
630	2.5309(-7)	2.8575(-8)	1130	1.1974(-3)	2.3289(-4)
640	3.4568(-7)	3.9617(-8)	1140	1.3068(-3)	2.5621(-4)
650	4.6733(-7)	5.4352(-8)	1150	1.4238(-3)	2.8136(-4)
660	6.2565(-7)	7.3827(-8)	1160	1.5487(-3)	3.0845(-4)
670	8.2982(-7)	9.9325(-8)	1170	1.6819(-3)	3.3757(-4)
680	1.0909(-6)	1.3242(-7)	1180	1.8236(-3)	3.6883(-4)
690	1.4219(-6)	1.7500(-7)	1190	1.9742(-3)	4.0234(-4)

λT	K_M	K_N	λT	K_M	K_N
1200	2.1341(-3)	4.3821(-4)	1700	2.8533(-2)	7.9502(-3)
1210	2.3035(-3)	4.7655(-4)	1710	2.9524(-2)	8.2674(-3)
1220	2.4829(-3)	5.1747(-4)	1720	3.0535(-2)	8.5930(-3)
1230	2.6726(-3)	5.6108(-4)	1730	3.1566(-2)	8.9269(-3)
1240	2.8728(-3)	6.0752(-4)	1740	3.2617(-2)	9.2692(-3)
1250	3.0841(-3)	6.5689(-4)	1750	3.3688(-2)	9.6201(-3)
1260	3.3066(-3)	7.0932(-4)	1760	3.4779(-2)	9.9795(-3)
1270	3.5407(-3)	7.6493(-4)	1770	3.5890(-2)	1.0348(-2)
1280	3.7868(-3)	8.2384(-4)	1780	3.7020(-2)	1.0724(-2)
1290	4.0452(-3)	8.8618(-4)	1790	3.8171(-2)	1.1110(-2)
1300	4.3162(-3)	9.5207(-4)	1800	3.9341(-2)	1.1504(-2)
1310	4.6002(-3)	1.0216(-3)	1810	4.0530(-2)	1.1907(-2)
1320	4.8974(-3)	1.0950(-3)	1820	4.1740(-2)	1.2319(-2)
1330	5.2083(-3)	1.1724(-3)	1830	4.2968(-2)	1.2740(-2)
1340	5.5330(-3)	1.2537(-3)	1840	4.4217(-2)	1.3170(-2)
1350	5.8719(-3)	1.3393(-3)	1850	4.5484(-2)	1.3609(-2)
1360	6.2254(-3)	1.4292(-3)	1860	4.6771(-2)	1.4057(-2)
1370	6.5936(-3)	1.5236(-3)	1870	4.8076(-2)	1.4515(-2)
1380	6.9770(-3)	1.6226(-3)	1880	4.9401(-2)	1.4981(-2)
1390	7.3757(-3)	1.7262(-3)	1890	5.0744(-2)	1.5456(-2)
1400	7.7900(-3)	1.8348(-3)	1900	5.2107(-2)	1.5941(-2)
1410	8.2203(-3)	1.9483(-3)	1910	5.3487(-2)	1.6435(-2)
1420	8.6667(-3)	2.0669(-3)	1920	5.4887(-2)	1.6938(-2)
1430	9.1296(-3)	2.1907(-3)	1930	5.6304(-2)	1.7450(-2)
1440	9.6092(-3)	2.3199(-3)	1940	5.7740(-2)	1.7972(-2)
1450	1.0106(-2)	2.4546(-3)	1950	5.9194(-2)	1.8503(-2)
1460	1.0619(-2)	2.5949(-3)	1960	6.0666(-2)	1.9043(-2)
1470	1.1150(-2)	2.7409(-3)	1970	6.2155(-2)	1.9592(-2)
1480	1.1699(-2)	2.8929(-3)	1980	6.3662(-2)	2.0151(-2)
1490	1.2265(-2)	3.0508(-3)	1990	6.5186(-2)	2.0719(-2)
1500	1.2850(-2)	3.2148(-3)	2000	6.6728(-2)	2.1297(-2)
1510	1.3452(-2)	3.3850(-3)	2010	6.8287(-2)	2.1883(-2)
1520	1.4073(-2)	3.5616(-3)	2020	6.9862(-2)	2.2479(-2)
1530	1.4712(-2)	3.7446(-3)	2030	7.1454(-2)	2.3085(-2)
1540	1.5370(-2)	3.9343(-3)	2040	7.3063(-2)	2.3699(-2)
1550	1.6047(-2)	4.1306(-3)	2050	7.4688(-2)	2.4323(-2)
1560	1.6743(-2)	4.3337(-3)	2060	7.6329(-2)	2.4956(-2)
1570	1.7458(-2)	4.5438(-3)	2070	7.7986(-2)	2.5599(-2)
1580	1.8192(-2)	4.7609(-3)	2080	7.9659(-2)	2.6250(-2)
1590	1.8945(-2)	4.9851(-3)	2090	8.1347(-2)	2.6911(-2)
1600	1.9718(-2)	5.2165(-3)	2100	8.3051(-2)	2.7581(-2)
1610	2.0511(-2)	5.4553(-3)	2110	8.4770(-2)	2.8261(-2)
1620	2.1323(-2)	5.7015(-3)	2120	8.6504(-2)	2.8949(-2)
1630	2.2155(-2)	5.9553(-3)	2130	8.8252(-2)	2.9647(-2)
1640	2.3006(-2)	6.2167(-3)	2140	9.0015(-2)	3.0353(-2)
1650	2.3878(-2)	6.4858(-3)	2150	9.1793(-2)	3.1069(-2)
1660	2.4769(-2)	6.7627(-3)	2160	9.3584(-2)	3.1794(-2)
1670	2.5680(-2)	7.0475(-3)	2170	9.5390(-2)	3.2528(-2)
1680	2.6611(-2)	7.3403(-3)	2180	9.7209(-2)	3.3270(-2)
1690	2.7562(-2)	7.6412(-3)	2190	9.9041(-2)	3.4022(-2)

λT	K_M	K_N	λT	K_M	K_N
2200	1.0089(-1)	3.4783(-2)	2700	2.0535(-1)	8.2985(-2)
2210	1.0275(-1)	3.5552(-2)	2710	2.0760(-1)	8.4124(-2)
2220	1.0462(-1)	3.6331(-2)	2720	2.0984(-1)	8.5268(-2)
2230	1.0650(-1)	3.7118(-2)	2730	2.1209(-1)	8.6418(-2)
2240	1.0840(-1)	3.7914(-2)	2740	2.1434(-1)	8.7574(-2)
2250	1.1031(-1)	3.8718(-2)	2750	2.1659(-1)	8.8735(-2)
2260	1.1223(-1)	3.9531(-2)	2760	2.1885(-1)	8.9901(-2)
2270	1.1416(-1)	4.0353(-2)	2770	2.2110(-1)	9.1073(-2)
2280	1.1611(-1)	4.1184(-2)	2780	2.2336(-1)	9.2249(-2)
2290	1.1806(-1)	4.2022(-2)	2790	2.2562(-1)	9.3431(-2)
2300	1.2003(-1)	4.2870(-2)	2800	2.2789(-1)	9.4618(-2)
2310	1.2200(-1)	4.3725(-2)	2810	2.3015(-1)	9.5810(-2)
2320	1.2399(-1)	4.4589(-2)	2820	2.3241(-1)	9.7007(-2)
2330	1.2599(-1)	4.5462(-2)	2830	2.3468(-1)	9.8208(-2)
2340	1.2800(-1)	4.6342(-2)	2840	2.3695(-1)	9.9415(-2)
2350	1.3002(-1)	4.7231(-2)	2850	2.3921(-1)	1.0063(-1)
2360	1.3205(-1)	4.8128(-2)	2860	2.4148(-1)	1.0184(-1)
2370	1.3408(-1)	4.9033(-2)	2870	2.4375(-1)	1.0306(-1)
2380	1.3613(-1)	4.9946(-2)	2880	2.4602(-1)	1.0429(-1)
2390	1.3819(-1)	5.0867(-2)	2890	2.4829(-1)	1.0551(-1)
2400	1.4025(-1)	5.1795(-2)	2900	2.5056(-1)	1.0675(-1)
2410	1.4233(-1)	5.2732(-2)	2910	2.5283(-1)	1.0799(-1)
2420	1.4441(-1)	5.3676(-2)	2920	2.5509(-1)	1.0923(-1)
2430	1.4650(-1)	5.4628(-2)	2930	2.5736(-1)	1.1047(-1)
2440	1.4860(-1)	5.5587(-2)	2940	2.5963(-1)	1.1172(-1)
2450	1.5071(-1)	5.6555(-2)	2950	2.6190(-1)	1.1298(-1)
2460	1.5282(-1)	5.7529(-2)	2960	2.6417(-1)	1.1423(-1)
2470	1.5494(-1)	5.8511(-2)	2970	2.6643(-1)	1.1550(-1)
2480	1.5707(-1)	5.9501(-2)	2980	2.6870(-1)	1.1676(-1)
2490	1.5921(-1)	6.0497(-2)	2990	2.7096(-1)	1.1803(-1)
2500	1.6135(-1)	6.1501(-2)	3000	2.7322(-1)	1.1930(-1)
2510	1.6350(-1)	6.2512(-2)	3010	2.7549(-1)	1.2058(-1)
2520	1.6566(-1)	6.3530(-2)	3020	2.7775(-1)	1.2186(-1)
2530	1.6782(-1)	6.4555(-2)	3030	2.8001(-1)	1.2314(-1)
2540	1.6999(-1)	6.5587(-2)	3040	2.8226(-1)	1.2443(-1)
2550	1.7216(-1)	6.6626(-2)	3050	2.8452(-1)	1.2572(-1)
2560	1.7434(-1)	6.7672(-2)	3060	2.8677(-1)	1.2701(-1)
2570	1.7653(-1)	6.8724(-2)	3070	2.8903(-1)	1.2831(-1)
2580	1.7872(-1)	6.9783(-2)	3080	2.9128(-1)	1.2961(-1)
2590	1.8092(-1)	7.0849(-2)	3090	2.9353(-1)	1.3091(-1)
2600	1.8312(-1)	7.1921(-2)	3100	2.9577(-1)	1.3221(-1)
2610	1.8532(-1)	7.3000(-2)	3110	2.9802(-1)	1.3352(-1)
2620	1.8753(-1)	7.4085(-2)	3120	3.0026(-1)	1.3483(-1)
2630	1.8975(-1)	7.5176(-2)	3130	3.0250(-1)	1.3615(-1)
2640	1.9197(-1)	7.6273(-2)	3140	3.0473(-1)	1.3746(-1)
2650	1.9419(-1)	7.7377(-2)	3150	3.0697(-1)	1.3878(-1)
2660	1.9641(-1)	7.8487(-2)	3160	3.0920(-1)	1.4010(-1)
2670	1.9864(-1)	7.9602(-2)	3170	3.1143(-1)	1.4143(-1)
2680	2.0088(-1)	8.0724(-2)	3180	3.1365(-1)	1.4275(-1)
2690	2.0311(-1)	8.1851(-2)	3190	3.1587(-1)	1.4408(-1)

λT	K_M	K_N	λT	K_M	K_N
3200	3.1809(-1)	1.4541(-1)	3700	4.2376(-1)	2.1376(-1)
3210	3.2031(-1)	1.4675(-1)	3710	4.2574(-1)	2.1514(-1)
3220	3.2252(-1)	1.4808(-1)	3720	4.2772(-1)	2.1652(-1)
3230	3.2473(-1)	1.4942(-1)	3730	4.2970(-1)	2.1791(-1)
3240	3.2694(-1)	1.5076(-1)	3740	4.3167(-1)	2.1929(-1)
3250	3.2914(-1)	1.5210(-1)	3750	4.3363(-1)	2.2067(-1)
3260	3.3134(-1)	1.5345(-1)	3760	4.3559(-1)	2.2205(-1)
3270	3.3354(-1)	1.5479(-1)	3770	4.3754(-1)	2.2343(-1)
3280	3.3573(-1)	1.5614(-1)	3780	4.3949(-1)	2.2481(-1)
3290	3.3792(-1)	1.5749(-1)	3790	4.4143(-1)	2.2619(-1)
3300	3.4010(-1)	1.5884(-1)	3800	4.4337(-1)	2.2757(-1)
3310	3.4228(-1)	1.6019(-1)	3810	4.4530(-1)	2.2895(-1)
3320	3.4446(-1)	1.6155(-1)	3820	4.4722(-1)	2.3032(-1)
3330	3.4663(-1)	1.6290(-1)	3830	4.4914(-1)	2.3170(-1)
3340	3.4880(-1)	1.6426(-1)	3840	4.5105(-1)	2.3308(-1)
3350	3.5096(-1)	1.6562(-1)	3850	4.5296(-1)	2.3445(-1)
3360	3.5313(-1)	1.6698(-1)	3860	4.5486(-1)	2.3583(-1)
3370	3.5528(-1)	1.6835(-1)	3870	4.5676(-1)	2.3721(-1)
3380	3.5743(-1)	1.6971(-1)	3880	4.5864(-1)	2.3858(-1)
3390	3.5958(-1)	1.7107(-1)	3890	4.6053(-1)	2.3995(-1)
3400	3.6172(-1)	1.7244(-1)	3900	4.6241(-1)	2.4133(-1)
3410	3.6386(-1)	1.7381(-1)	3910	4.6428(-1)	2.4270(-1)
3420	3.6600(-1)	1.7518(-1)	3920	4.6614(-1)	2.4407(-1)
3430	3.6813(-1)	1.7654(-1)	3930	4.6800(-1)	2.4544(-1)
3440	3.7025(-1)	1.7792(-1)	3940	4.6986(-1)	2.4681(-1)
3450	3.7237(-1)	1.7929(-1)	3950	4.7171(-1)	2.4818(-1)
3460	3.7449(-1)	1.8066(-1)	3960	4.7355(-1)	2.4955(-1)
3470	3.7660(-1)	1.8203(-1)	3970	4.7539(-1)	2.5092(-1)
3480	3.7871(-1)	1.8341(-1)	3980	4.7722(-1)	2.5228(-1)
3490	3.8081(-1)	1.8478(-1)	3990	4.7904(-1)	2.5365(-1)
3500	3.8290(-1)	1.8616(-1)	4000	4.8086(-1)	2.5501(-1)
3510	3.8500(-1)	1.8753(-1)	4010	4.8267(-1)	2.5637(-1)
3520	3.8708(-1)	1.8891(-1)	4020	4.8448(-1)	2.5774(-1)
3530	3.8916(-1)	1.9029(-1)	4030	4.8628(-1)	2.5910(-1)
3540	3.9124(-1)	1.9167(-1)	4040	4.8808(-1)	2.6046(-1)
3550	3.9331(-1)	1.9305(-1)	4050	4.8987(-1)	2.6182(-1)
3560	3.9538(-1)	1.9442(-1)	4060	4.9165(-1)	2.6317(-1)
3570	3.9744(-1)	1.9580(-1)	4070	4.9343(-1)	2.6453(-1)
3580	3.9950(-1)	1.9718(-1)	4080	4.9520(-1)	2.6589(-1)
3590	4.0155(-1)	1.9856(-1)	4090	4.9696(-1)	2.6724(-1)
3600	4.0359(-1)	1.9995(-1)	4100	4.9872(-1)	2.6859(-1)
3610	4.0563(-1)	2.0133(-1)	4110	5.0048(-1)	2.6994(-1)
3620	4.0767(-1)	2.0271(-1)	4120	5.0223(-1)	2.7129(-1)
3630	4.0970(-1)	2.0409(-1)	4130	5.0397(-1)	2.7264(-1)
3640	4.1172(-1)	2.0547(-1)	4140	5.0570(-1)	2.7399(-1)
3650	4.1374(-1)	2.0685(-1)	4150	5.0743(-1)	2.7534(-1)
3660	4.1576(-1)	2.0823(-1)	4160	5.0916(-1)	2.7668(-1)
3670	4.1777(-1)	2.0962(-1)	4170	5.1088(-1)	2.7803(-1)
3680	4.1977(-1)	2.1100(-1)	4180	5.1259(-1)	2.7937(-1)
3690	4.2177(-1)	2.1238(-1)	4190	5.1429(-1)	2.8071(-1)