

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1995/96

EKC 230 - Operasi Unit I

Oktober/November

Masa: [3 jam]

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **TUJUH (7)** mukasurat dan **LIMA (5)** lampiran bercetak sebelum anda mula menjawab soalan.

Kertas peperiksaan ini mengandungi **ENAM (6)** soalan

Kertas ini mengandungi 2 bahagian. Bahagian A mengandungi **DUA (2)** soalan dan Bahagian B mengandungi **EMPAT (4)** soalan.

Jawab **EMPAT (4)** soalan. Anda dimestikan menjawab **SATU** soalan dari Bahagian A dalam Bahasa Malaysia dan anda dibenarkan menjawab **TIGA** soalan lain dari Bahagian B dalam Bahasa Inggeris.

Soalan terjemahan Bahasa Inggeris ditaip dalam bentuk tulisan **Italic**

BAHAGIAN A

1. Satu bahan radioaktif yang boleh mengeluarkan haba pada kadar $5 \times 10^5 \text{ W/m}^3$ diletakkan di dalam kelompang sfera komposit. Bahagian dalam kelompang sfera ini diperbuat daripada plumbum dan mempunyai jejari dalaman 0.25 m dan jejari luaran 0.30 m. Bahagian luaran kelompang itu pula yang diperbuat daripada keluli tahan karat mempunyai jejari dalaman 0.30 m dan jejari luaran 0.31 m. Adalah dicadangkan supaya kelompang itu ditenggelamkan ke dalam laut di mana suhu air laut 10°C dan pekali pemindahan haba perolakan ialah $500 \text{ W/m}^2\text{K}$. Jika plumbum itu cair pada suhu 601 K, adakah cadangan ini mempunyai risiko?

A radioactive material that generates heat at a rate of $5 \times 10^5 \text{ W/m}^3$ is contained in a composite spherical shell. The inner lead spherical shell has inner and outer radius of 0.25 m and 0.30 m, respectively. The outer stainless steel shell has inner and outer radius of 0.30 m and 0.31 m, respectively. It is proposed to submerge the container in the ocean where the seawater temperature is 10°C and the convection heat transfer coefficient is $500 \text{ W/m}^2\text{K}$. If the lead melts at 601 K, is there a risk in this arrangement?

(16 markah)

2. Satu plat logam yang mempunyai ketebalan 4.0 mm mengeluarkan haba dalam sebanyak 200 MW/m^3 , dan mempunyai keberaliran haba 25 W/m K .

A metal plate having a thickness of 4.0 mm undergoes internal heat generation of 200 MW/m^3 , and has a thermal conductivity of 25 W/m K .

- [a] Jika satu permukaan plat itu ditebat dengan sempurna manakala yang sebelahnya lagi berada pada suhu 100°C , kirakan suhu maksimum di dalam plat itu?

If one face of the plate is perfectly insulated while the other is maintained at 100°C , calculate the maximum temperature in the plate.

(6 markah)

- [b] Kedua-dua permukaan itu diliputi oleh penebat yang mempunyai ketebalan 10 mm dan keberaliran haba 0.1 W/m K . Anggapkan permukaan luaran penebat itu berada pada suhu 25°C , kirakan suhu maksimum di dalam plat itu.

The two faces are covered with 10 mm thick insulating sheets having thermal conductivity of 0.1 W/m K. Assume the outside surface of the insulation is maintained at 25°C, calculate the maximum temperature in the plate.

(10 markah)

BAHAGIAN B

3. Satu silinder pepejal aluminium mempunyai garispusat 50 mm dan 100 mm panjang berada pada suhu seragam 90°C. Air pada suhu 10°C digunakan untuk menyejukkan silinder itu yang mempunyai pekali pemindahan haba angkali perolakan ialah 800 W/m² K

An aluminium solid cylinder of 50 mm diameter and 100 mm long is initially at uniform temperature of 90°C. Water at 10°C is used to cool the cylinder with a convection heat transfer coefficient of 800 W/m² K.

- [a] Berdasarkan kepada analisis dua-dimensi, kirakan suhu pada hujung dan tengah silinder itu selepas 1.0 minit

Based on two-dimensional analysis evaluate the temperature at the edge and centre of the cylinder after 1.0 minute.

(18 markah)

- [b] Bolehkah anda menggunakan analisis muatan haba gumpalan? Jika boleh, kirakan suhu silinder itu selepas 1.0 minit.

Can you apply the lumped heat capacity analysis? If it is possible then calculate the cylinder temperature after 1.0 minute.

(10 markah)

4. Anda dikehendaki merekabentuk sebuah penukar haba untuk memanaskan 10 kg/s air daripada 50°C ke 90°C dengan menggunakan stim pada tekanan 345 kPa. (Suhu penapaian adalah 138°C). Jika anda mempunyai tiub yang bergarispusat luar 25 mm dan 1 meter panjang, maka:

You are required to design a heat exchanger for the heating of 10 kg/s of water from 50°C to 90°C, using steam available at 345 kPa. (Saturation temperature of 138°C). If you have 25 mm OD tubes of 1m in length then:

- [a] Berapakah bilangan tiub yang diperlukan, dengan beranggapan pekali pemindahan haba keseluruhan ialah 2000 W/m² K

What is the number of tubes required, assuming an overall heat transfer coefficient of 2000 W/m² K.

(12 markah)

- [b] Adakah pekali yang dianggap ini betul? Jika tidak, apakah rekabentuk pindaan yang diperlukan?

Is the assumed coefficient correct?. If not what modification to the design will be required?

(16 markah)

5. Keberpancaran plat penyerap pada sebuah pengumpul suria plat rata ialah 0.1 manakala keberpancaran untuk tudungnya yang diperbuat daripada kaca ialah 0.8. Pengumpul itu mempunyai dimensi 1 m x 2 m, dengan ruang sepanjang 3 cm diantara plat penyerap dan tudung kaca. Pengumpul itu berada pada keadaan hampir mengufuk dengan tiupan angin pada kelajuan 1 m/s di sepanjang bahagian yang mempunyai dimensi yang lebih pendek. Jika plat penyerap itu berada pada suhu 64°C, dan suhu sekeliling pada 20°C, maka:

The emissivity of the absorbing plate of a flat-plate solar collector was 0.1, while the emissivity of the glass cover was 0.8. The collector was 1 m x 2 m, with a spacing of 3 cm between the absorbing plate and glass cover. The collector was almost horizontal with a wind blowing at velocity of 1 m/s along the shorter dimension. If the absorbing plate temperature was 64°C, and the ambient temperature was 20°C, then:

- [a] Kirakan kehilangan haba daripada tudung pengumpul itu. Andaian permulaan suhu tudung kaca sebagai 40°C .

Calculate the heat loss from the collector cover. Assume as an initial trial that the glass cover temperature is 40°C .

- [b] Tunjukkan sama ada andaian ini munasabah atau tidak.

Show if this assumption is reasonable or not.

Petunjuk (Hints):

- 1 Anggapkan operasi keadaan mantap.
Assume steady state operation.
- 2 Haba daripada tudung kaca ke sekeliling terikat dengan perolakan paksa dan sinaran.
Heat from the glass cover to ambient is governed by forced convection and radiation.
- 3 Pemindahan haba daripada plat ke tudung kaca terikat dengan perolakan semulajadi dan sinaran.
Heat transfer from the plate to the glass cover is governed by natural convection and radiation.

(28 markah)

6. Sebuah penukar haba kelompang dan tiub satu laluan pada bahagian kelompang dan dua laluan pada bahagian tiub direkabentuk untuk menyejukkan 3.0 kg/s benzena daripada 80°C kepada 35°C dengan menggunakan air yang masuk pada 18°C dan keluar pada 32°C . Tiub itu mempunyai garispusat dalaman 22 mm , garispusat luaran 25 mm dan 3 m panjang; rintangan haba pada dinding tiub boleh diabaikan. Benzena itu mengalir pada bahagian kelompang dengan satu pekali pemindahan haba filem yang dianggarkan $0.86 \text{ kW/m}^2\text{K}$. Air mengalir dibahagian tiub dengan andaian pertama pekali filem bernilai $1.5 \text{ kW/m}^2\text{K}$.

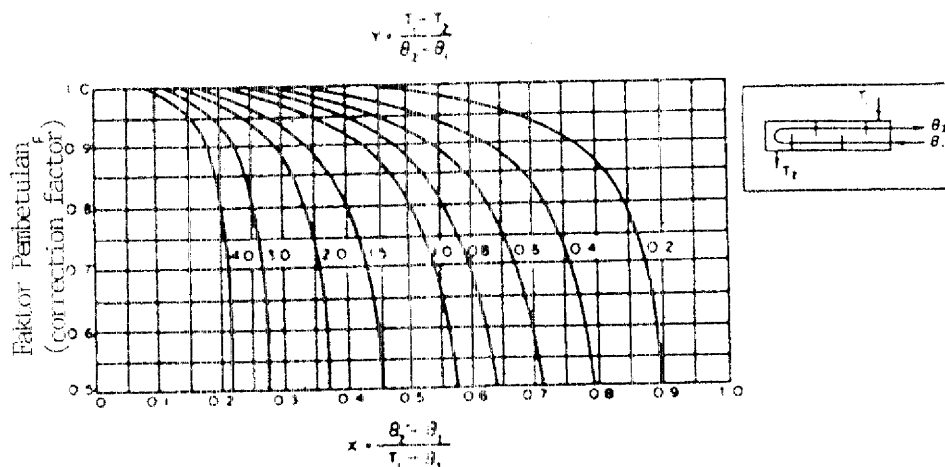
A shell and tube heat exchanger with one pass on the shell side and two passes on the tube side is to be designed to cool 3.0 kg/s of benzene from 80°C to 35°C using water which will enter at 18°C and leave at 32°C. The tubes will be 22 mm internal diameter, 25 mm external diameter and 3 m long; the thermal resistance of the tubewall may be neglected. The benzene will flow on the shell side with a film heat transfer coefficient estimated to be 0.86 kW/m²K and water on the tube side with a film coefficient initially assumed to be 1.5 kW/m²K.

- [a] Apakah kadar aliran air itu?
What will be the flow rate of the water?
- [b] Berapakah bilangan tiub yang diperlukan?
How many tubes will be required?
- [c] Apakah keberkesanan penukar haba itu?
What will be the effectiveness of the heat exchanger?

Data:

Benzena (Benzene)	: Haba muatan (<i>Heat capacity</i>)	1.9 kJ/kg K
Air (Water)	: Haba muatan (<i>Heat capacity</i>)	4.2 kJ/kg K
	: Ketumpatan (<i>Density</i>)	1000 kg/m ³
	: Kelikatan (<i>Viscosity</i>)	1.0 mNs/m ²
	: Keberaliran haba (<i>Thermal conductivity</i>)	0.61 W/mK.

(28 markah)



Maklumat tambahan diberi (given information):

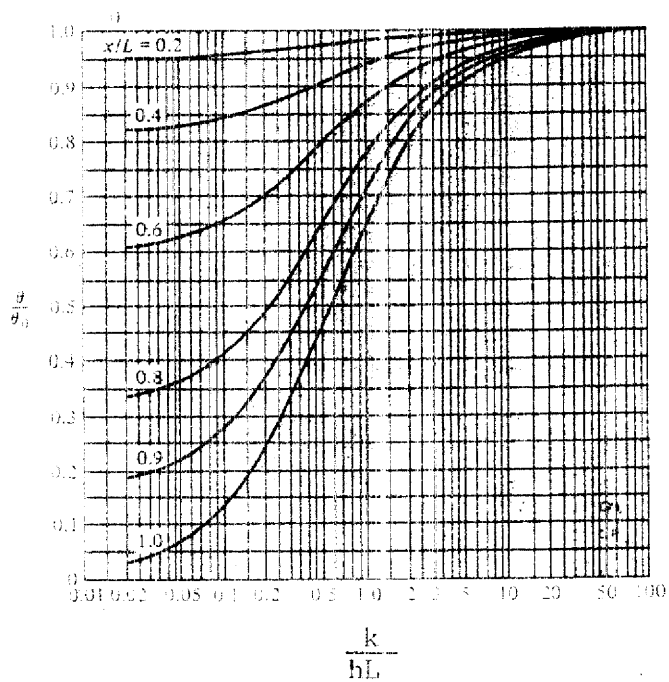
- 5.1 Aluminium (*Aluminium*): $k = 204 \text{ W/mK}$, $\alpha = 8.418 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$,
 $\rho = 2707 \text{ kg/m}^3$.
- 5.2 Plumbum (*Lead*): $k = 35.3 \text{ W/mK}$, keluli tahan karat (*stainless steel*):
 $k = 15.1 \text{ W/mK}$.
- 5.3 Air (*Water*): Lihat Jadual A-9 (*See Table A - 9*).
- 5.4 Udara (*Air*): Lihat Jadual A-5 (*See Table A - 5*)
- 5.5 Carta Heisler (*Heisler Charts*)
- 5.6 Pekali pemindahan haba paksa di dalam paip di beri:
(Forced convection heat transfer coefficient inside pipes):
 $Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4}$.
- 5.7 Pemindahan haba melalui sinaran untuk plat selari yang besar
(Radiation heat transfer between large parallel plates):

$$\frac{q}{A} = \frac{\sigma (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1} \quad \text{dimana } \sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4.$$

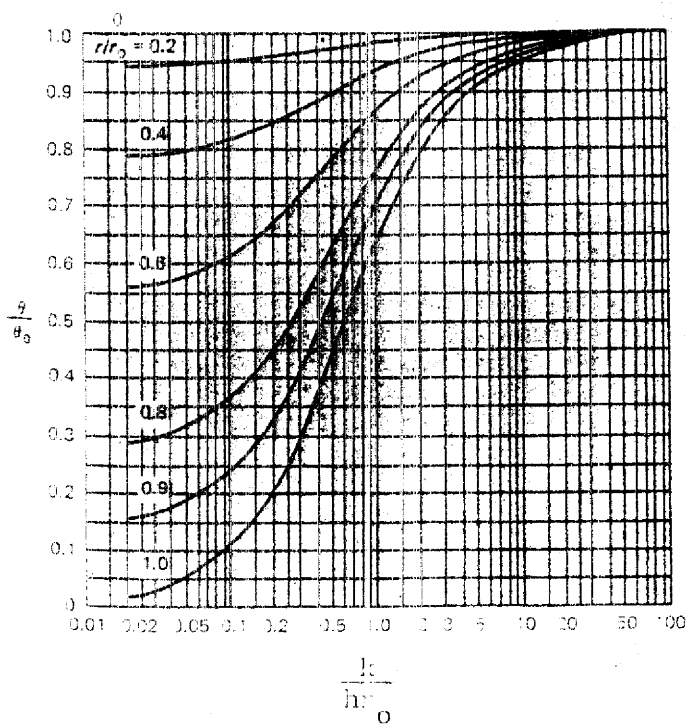
- 5.8 Pemindahan haba perolakan semulajadi dalam ruang tertutup yang mengufuk
(Natural convection heat transfer in horizontal enclosure):

$$\frac{k_e}{k} = c(Gr Pr)^n \left(\frac{L}{S}\right)^m \quad c = 0.212, n = 0.25, m = 0$$

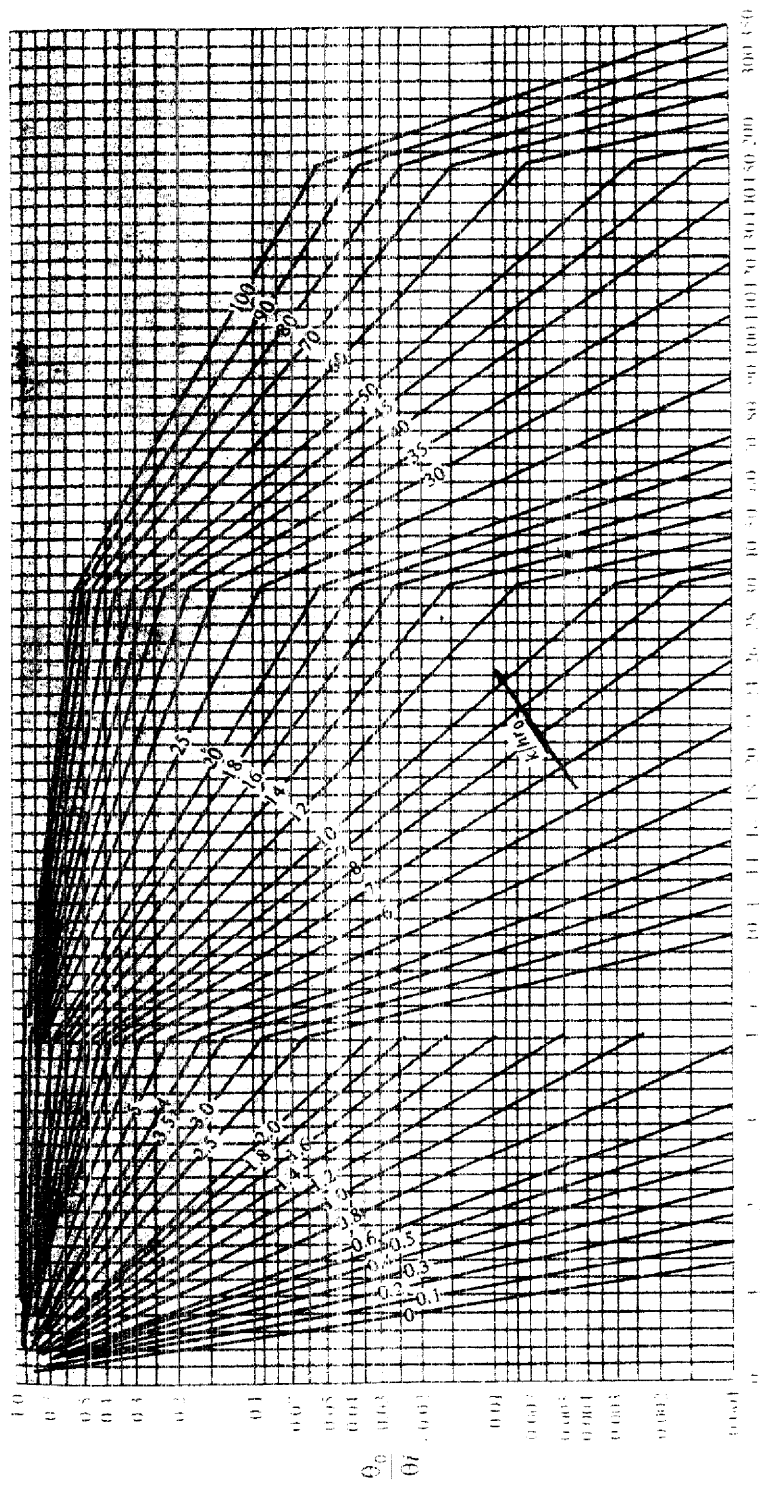
LAMPIRAN



Temperature as a function of center temperature in an infinite plate of thickness $2L$

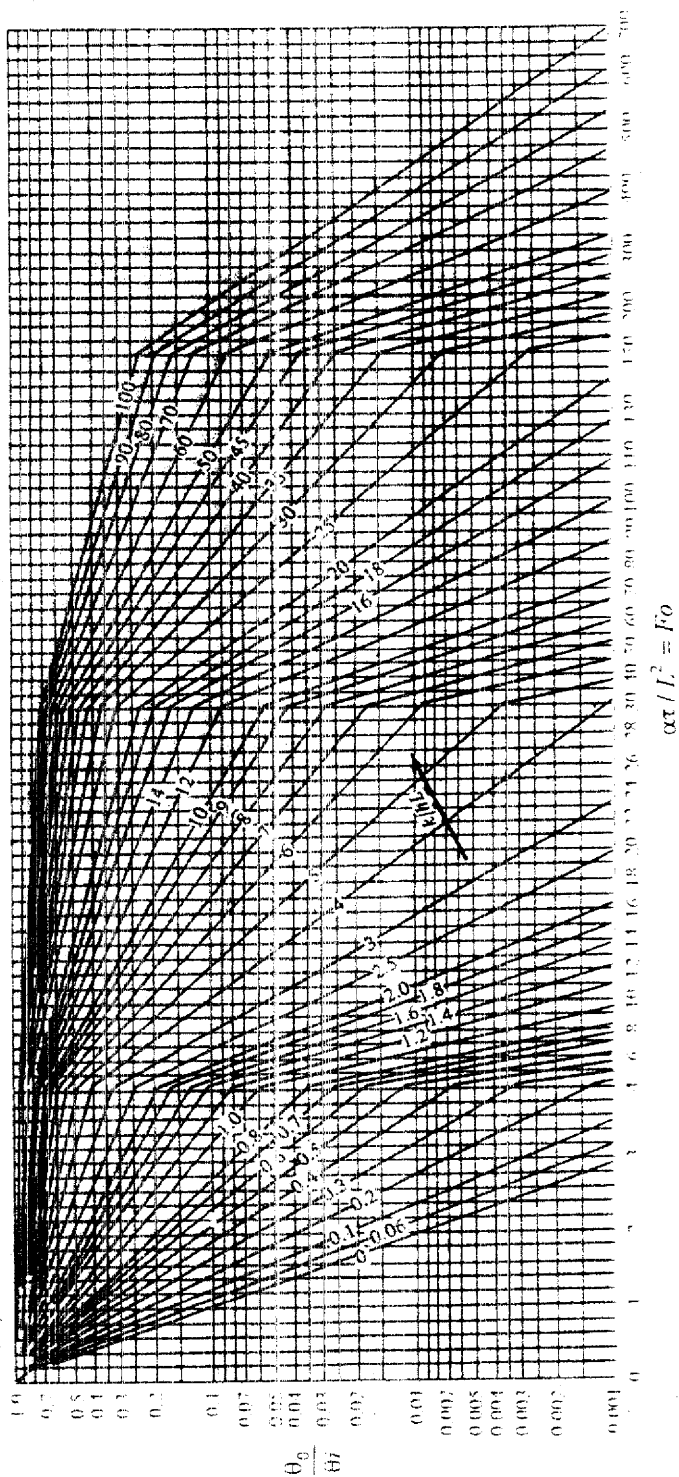


Temperature as a function of axis temperature in an infinite cylinder of radius r_0



$$\alpha \tau / r_0^2 = Fo$$

Axis temperature for an infinite cylinder of radius r_0



Miplane temperature for an infinite plate of thickness $2L$

Properties of Water (Saturated Liquid)†

°F	°C	c_p kJ/kg K	ρ kg/m ³	μ kg/m s	k W/m K
32	0	4.225	999.8	1.79×10^{-4}	0.566
40	4.44	4.208	999.8	1.55	0.575
50	10	4.195	999.2	1.31	0.585
60	15.56	4.186	998.6	1.12	0.595
70	21.11	4.179	997.4	9.8×10^{-5}	0.604
80	26.67	4.172	995.8	8.6	0.614
90	32.22	4.174	994.9	7.65	0.623
100	37.78	4.174	993.0	6.82	0.630
110	43.33	4.174	990.6	6.16	0.637
120	48.89	4.174	988.8	5.62	0.644
130	54.44	4.179	985.7	5.13	0.649
140	60	4.179	983.3	4.71	0.654
150	65.55	4.183	980.3	4.3	0.659
160	71.11	4.186	977.3	4.01	0.665
170	76.67	4.191	973.7	3.72	0.668
180	82.22	4.195	970.2	3.47	0.673
190	87.78	4.199	966.7	3.27	0.675
200	93.33	4.204	963.2	3.06	0.678
220	104.4	4.216	955.1	2.67	0.684
240	115.6	4.229	946.7	2.44	0.685
260	126.7	4.250	937.2	2.19	0.685
280	137.8	4.271	928.1	1.98	0.685
300	148.9	4.296	918.0	1.86	0.684
350	176.7	4.371	890.4	1.57	0.677
400	204.4	4.467	859.4	1.36	0.665
450	232.2	4.585	825.7	1.20	0.646
500	260	4.731	785.2	1.07	0.616
550	287.7	5.024	735.5	9.51×10^{-5}	
600	315.6	5.703	678.7	8.68	

Properties of Air at Atmospheric Pressure†

The values of μ , k , c_p , and Pr are not strongly pressure-dependent and may be used over a fairly wide range of pressures.

T, K	ρ kg/m ³	c_p kJ/kg K	μ kg/m s $\times 10^3$	ν m ² /s $\times 10^6$	k W/m K	α m ² /s $\times 10^4$	Pr
100	3.6010	1.0266	0.6924	1.923	0.009246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.0099	1.0283	4.343	0.013735	0.05745	0.753
200	1.7684	1.0061	1.3289	7.490	0.01809	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.5990	11.31	0.02227	0.15675	0.722
300	1.1774	1.0057	1.8462	15.69	0.02624	0.22160	0.708
350	0.9980	1.0090	2.075	20.76	0.03003	0.2983	0.697
400	0.8826	1.0140	2.286	25.90	0.03365	0.3760	0.689
450	0.7833	1.0207	2.484	31.71	0.03707	0.4222	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	37.90	0.04038	0.5564	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	44.34	0.04360	0.6532	0.680
600	0.5879	1.0551	3.018	51.34	0.04659	0.7512	0.680
650	0.5430	1.0635	3.177	58.51	0.04953	0.8578	0.682
700	0.5030	1.0752	3.332	66.25	0.05230	0.9672	0.684
750	0.4709	1.0856	3.481	73.91	0.05509	1.0774	0.686
800	0.4405	1.0978	3.625	82.29	0.05779	1.1951	0.689
850	0.4149	1.1095	3.765	90.75	0.06028	1.3097	0.692
900	0.3925	1.1212	3.899	99.3	0.06279	1.4271	0.696
950	0.3716	1.1321	4.023	108.2	0.06525	1.5510	0.699
1000	0.3524	1.1417	4.152	117.8	0.06752	1.6779	0.702
1100	0.3204	1.160	4.44	138.6	0.0732	1.969	0.704
1200	0.2947	1.179	4.69	159.1	0.0782	2.251	0.707
1300	0.2707	1.197	4.93	182.1	0.0837	2.583	0.705
1400	0.2515	1.214	5.17	205.5	0.0891	2.920	0.705
1500	0.2355	1.230	5.40	229.1	0.0946	3.262	0.705
1600	0.2211	1.248	5.63	254.5	0.100	3.609	0.705
1700	0.2082	1.267	5.85	280.5	0.105	3.977	0.705
1800	0.1970	1.287	6.07	308.1	0.111	4.379	0.704
1900	0.1858	1.309	6.29	338.5	0.117	4.811	0.704
2000	0.1762	1.338	6.50	369.0	0.124	5.260	0.702
2100	0.1682	1.372	6.72	399.6	0.131	5.715	0.700
2200	0.1602	1.419	6.93	432.6	0.139	6.120	0.707
2300	0.1538	1.482	7.14	464.0	0.149	6.540	0.710
2400	0.1458	1.574	7.35	504.0	0.161	7.020	0.718
2500	0.1394	1.688	7.57	543.5	0.175	7.441	0.730