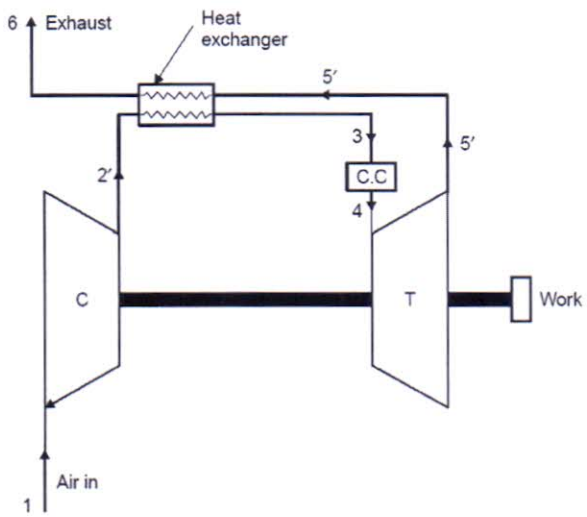
كلية الهندسة – جامعة مصراتة

فصل الربيع 2014/2013 — القسم/ الهندسة الميكانيكية

المقرر/ ديناميكا حرارة 2 — الامتحان النهائي — الزمن/ ساعتان ونصف

التاريخ/2014/6/19 م — استاذ المقرر/د. جمال ياسين

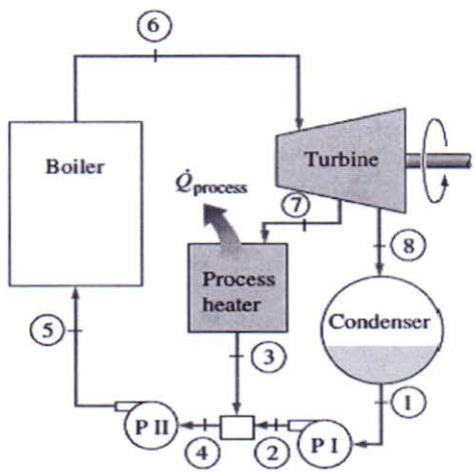
أجب على أربعة أسئلة فقط مما يلي، علما أن توزيع الدرجات على الأسئلة متساوي



س1] توربين غازي يعمل بالدورة الاسترجاعية، يدخل الهواء إليه عند درجة حرارة 15 °C ويضغط داخل الضاغط إلى ضغط مساوي أربعة أضعاف ضغط الدخول (CPR=4)، بعدها يدخل الهواء إلى مبادل حراري ومن ثم إلى حجرة الاحتراق حيث تتم عملية الاحتراق عند ضغط ثابت إلى درجة حرارة 600 °C، كما في المخطط. إذا كانت الكفاءة الأيزنتروبية للضاغط 82 % وكفاءة المسترجع الحراري 78 % ، وكفاءة التوربين 70 % ، فأوجد ما يلي:

1. أرسم الدورة الحرارية على مخطط *T-S* .
2. نسبة الشغل للضاغط.
3. الكفاءة الحرارية.
4. صافي قدرة التوربين بالواط إذا كان معدل تدفق الهواء . m_a=15 kg/s

علما أنه للهواء فإن $R=0.287\ kJ/kg\ K\ and \gamma=1.4$.



س2] يدخل البخار إلى التوربين في محطة ثنائية الغرض بضغط 7 MPa ودرجة حرارة 500 °C . يتم استنزاف ربع كمية البخار من التوربين عند ضغط 600 kPa لاستخدامها في عملية تسخين كما في الشكل ، وباقي كمية البخار تتمدد داخل التوربين إلى ضغط المكثف الذي يساوي 10 kPa .إذا كانت كمية البخار التي تدخل إلى التوربين تساوي 30 kg/s ، والبخار المستنزف يخرج من وحدة التسخين سائل مشبع (نقطة 3) ويختلط مع الماء القادم من المكثف داخل حجرة الخلط ليضخ بعدها إلى ضغط الغلاية فأوجد ما يلي:

1. أرسم الدورة الحرارية على مخطط *T-S* .
2. كمية الحرارة بالواط التي تستخدم لعملية التسخين.
3. القدرة الصافية للمحطة.
4. معامل الانتفاع(الاستفادة) للمحطة ε.

س3] وعاء حجمه $1.8\ m^3$يحتوي على O_2 عند ضغط 8 bar ودرجة حرارة 50 °C ، تم وصله بوعاء آخر بواسطة صمام بينهما. إذا كان حجم هذا الوعاء $3.6\ m^3$ ويحتوي على CO عند ضغط 1 bar ودرجة حرارة 20 °C. بعد فتح الصمام بين هذين الوعائين ويحصل الخلط بين الغازين بشكل أديباتي فأوجد ما يلي:

1. درجة الحرارة النهائية للخليط.
2. الضغط النهائي للخليط.
3. التغير في الانتروبي للخليط.

علما أنه للأكسجين فإن $M=32\ kg/kmol\ \ and\ C_v = 21.07\ kJ/mole\ K$.

ولأول أكسيد الكربون فإن $C_v = 20.86\ kJ/mole\ KM=28\ kg/kmol\ \ and$

الثابت العام للغازات $R_u=8.3145\ kJ/kmol\ K$

س4] هواء رطب درجة حرارة بصيلته الجافة تساوي 40 °C والمبللة تساوي 25 °C ، إذا كان الضغط الجوي101.325 KPa أوجد ما يلي :

- ضغط البخار
- نسبة الرطوبة (الرطوبة النوعية)
- الرطوبة النسبية
- درجة حرارة الندى
- إنثالبي الخليط بالنسبة لواحد كيلوجرام من الهواء الجاف.

$$P_s = 0.611 \times e^{(17.27 \times t_s)/(t_s + 237.3)}$$

$$t_s = \frac{116.9078 + 237.3 \ln(P_s)}{16.78 - \ln(P_s)}$$

$$h_{fg} = 2501.897149 - 2.407064037 t_s + 1.192217 \times 10^{-3} t_s^2 - 1.5863 \times 10^{-5} t_s^3$$

س5] وقود البيوتان (C_4H_{10}) له انثالبي تكوينية -134.6 MJ/Kmol يحترق مع 150%هواء نظري عند درجة حرارة 25 °C . إذا كانت درجة حرارة الاحتراق 1200 K فأوجد ما يلي :

- نسبة الهواء إلى الوقود المثالية
- نسبة الهواء إلى الوقود الحقيقية
- كمية حرارة الاحتراق
- الكسر المولي لنواتج الاحتراق بناء على التحليل الحجمي الرطب.
- درجة حرارة الندى للنواتج إذا كان الضغط 101.325 kPa .

انتهت الأسئلة

****** تمنياتنا للجميع بالتوفيق والسداد ******

ملاحظة للتأكد :

المرفقات : جداول البخار وجداول الاحتراق

Table 3 Saturated steam (pressure) table

Press. kPa P	Sat. Temp. °C T_{sat}	Specific volume m^3/kg Sat. liquid v_f	Specific volume m^3/kg Sat. vapour v_g	Internal energy kJ/kg Sat. liquid u_f	Internal energy kJ/kg Evap. u_{fg}	Internal energy kJ/kg Sat. vapour u_g	Enthalpy kJ/kg Sat. liquid h_f	Enthalpy kJ/kg Evap. h_{fg}	Enthalpy kJ/kg Sat. vapour h_g	Entropy kJ/(kg.K) Sat. liquid s_f	Entropy kJ/(kg.K) Evap. s_{fg}	Entropy kJ/(kg.K) Sat. vapour s_g
0.6113	0.01	0.001000	206.14	0.00	2375.3	2375.3	0.01	2501.3	2501.4	0.0000	9.1562	9.1562
1.0	6.98	0.001000	129.21	29.30	2355.7	2385.0	29.30	2484.9	2514.2	0.1059	8.8697	8.9756
1.5	13.03	0.001001	87.98	54.71	2338.6	2393.3	54.71	2470.6	2525.3	0.1957	8.6322	8.8279
2.0	17.50	0.001001	67.00	73.48	2326.0	2399.5	73.48	2460.0	2533.5	0.2607	8.4629	8.7237
2.5	21.08	0.001002	54.25	88.48	2315.9	2404.4	88.49	2451.6	2540.0	0.3120	8.3311	8.6432
3.0	24.08	0.001003	45.67	101.04	2307.5	2408.5	101.05	2444.5	2545.5	0.3545	8.2231	8.5776
4.0	28.96	0.001004	34.80	121.45	2293.7	2415.2	121.46	2432.9	2554.4	0.4226	8.0520	8.4746
5.0	32.88	0.001005	28.19	137.81	2282.7	2420.5	137.82	2423.7	2561.5	0.4764	7.9187	8.3951
7.5	40.29	0.001008	19.24	168.78	2261.7	2430.5	168.79	2406.0	2576.8	0.5764	7.6750	8.2515
10	45.81	0.001010	14.67	191.82	2246.1	2437.9	191.83	2392.8	2584.7	0.6493	7.5009	8.1502
15	53.97	0.001014	10.02	225.92	2222.8	2448.7	225.94	2373.1	2599.1	0.7549	7.2536	8.0085
20	60.06	0.001017	7.649	251.38	2205.4	2456.7	251.40	2358.3	2609.7	0.8320	7.0766	7.9085

1 - جداول البخار

Table 3 Saturated steam (pressure) table

Press. MPa P	Sat. Temp. °C T_{sat}	Specific volume m^3/kg Sat. liquid v_f	Specific volume m^3/kg Sat. vapour v_g	Internal energy kJ/kg Sat. liquid u_f	Internal energy kJ/kg Evap. u_{fg}	Internal energy kJ/kg Sat. vapour u_g	Enthalpy kJ/kg Sat. liquid h_f	Enthalpy kJ/kg Evap. h_{fg}	Enthalpy kJ/kg Sat. vapour h_g	Entropy kJ/(kg.K) Sat. liquid s_f	Entropy kJ/(kg.K) Evap. s_{fg}	Entropy kJ/(kg.K) Sat. vapour s_g
0.100	99.63	0.001043	1.6940	417.36	2088.7	2506.1	417.46	2258.0	2675.5	1.3026	6.0568	7.3594
0.125	105.99	0.001048	1.3749	444.19	2069.3	2513.5	444.32	2241.0	2685.4	1.3740	5.9104	7.2844
0.150	111.37	0.001053	1.1593	466.94	2052.7	2519.7	467.11	2226.5	2693.6	1.4336	5.7897	7.2233
0.175	116.06	0.001057	1.0036	486.80	2038.1	2524.9	486.99	2213.6	2700.6	1.4849	5.6868	7.1717
0.200	120.23	0.001061	0.8857	504.49	2025.0	2529.5	504.70	2201.9	2706.7	1.5301	5.5970	7.1271
0.225	124.00	0.001064	0.7933	520.47	2013.1	2533.6	520.72	2191.3	2712.1	1.5706	5.5173	7.0878
0.250	127.44	0.001067	0.7187	535.10	2002.1	2537.2	535.37	2181.5	2716.9	1.6072	5.4455	7.0527
0.275	130.60	0.001070	0.6573	548.59	1991.9	2540.5	548.89	2172.3	2721.3	1.6408	5.3801	7.0209
0.300	133.55	0.001073	0.6058	561.15	1982.4	2543.6	561.47	2163.8	2725.3	1.6718	5.3201	6.9919
0.325	136.30	0.001076	0.5620	572.90	1973.5	2546.4	573.25	2155.8	2729.0	1.7006	5.2646	6.9652
0.350	138.88	0.001079	0.5243	583.95	1965.0	2548.9	584.33	2148.1	2732.4	1.7275	5.2130	6.9405
0.375	141.32	0.001081	0.4914	594.40	1956.9	2551.3	594.81	2140.8	2735.6	1.7528	5.1647	6.9175
0.40	143.63	0.001084	0.4625	604.31	1949.3	2553.6	604.74	2133.8	2738.6	1.7766	5.1193	6.8959
0.45	147.93	0.001088	0.4140	622.77	1934.9	2557.6	623.25	2120.7	2743.9	1.8207	5.0359	6.8565
0.50	151.86	0.001093	0.3749	639.68	1921.6	2561.2	640.23	2108.5	2748.7	1.8607	4.9606	6.8213
0.55	155.48	0.001097	0.3427	655.32	1909.2	2564.5	665.93	2097.0	2753.0	1.8973	4.8920	6.7893
0.60	158.85	0.001101	0.3157	669.90	1897.5	2567.4	670.56	2086.3	2756.8	1.9312	4.8288	6.7600
0.65	162.01	0.001104	0.2927	683.56	1886.5	2570.1	684.28	2076.0	2760.3	1.9627	4.7703	6.7331
0.70	164.97	0.001008	0.2729	696.44	1876.1	2572.5	697.22	2066.3	2763.5	1.9922	4.7158	6.7080
0.75	167.78	0.001112	0.2556	708.64	1866.1	2574.7	709.47	2057.0	2766.4	2.0200	4.6647	6.6847

Table 4 Superheated steam table

T °C	v m^3/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/(kg·K)	v m^3/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/(kg·K)	v m^3/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/(kg·K)
	P = 0.50 MPa (151.86 °C)				P = 0.60 MPa (158.85 °C)				P = 0.80 MPa (170.43 °C)			
Sat.	0.3749	2561.2	2748.7	6.8213	0.3157	2567.4	2756.8	6.7600	0.2404	2576.8	2769.1	6.6628
200	0.4249	2642.9	2855.4	7.0592	0.3520	2638.9	2850.1	6.9665	0.2608	2630.6	2839.3	6.8158
250	0.4744	2723.5	2960.7	7.2709	0.3938	2720.9	2957.2	7.1816	0.2931	2715.5	2950.0	7.0384
300	0.5226	2802.9	3064.2	7.4599	0.4344	2801.0	3061.6	7.3724	0.3241	2797.2	3056.5	7.2328
350	0.5701	2882.6	3167.7	7.6329	0.4742	2881.2	3165.7	7.5464	0.3544	2878.2	3161.7	7.4089
400	0.6173	2963.2	3271.9	7.7938	0.5137	2962.1	3270.3	7.7079	0.3843	2959.7	3267.1	7.5716
500	0.7109	3128.4	3483.9	8.0873	0.5920	3127.6	3482.8	8.0021	0.4433	3126.0	3480.6	7.8673
600	0.8041	3299.6	3701.7	7.3522	0.6697	3299.1	3700.9	8.2674	0.5018	3297.9	3699.4	8.1333

Table 4 Superheated steam table

T °C	v m^3/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/(kg·K)	v m^3/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/(kg·K)	v m^3/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/(kg·K)
	P = 6.0 MPa (275.64 °C)				P = 7.0 MPa (285.88 °C)				P = 8.0 MPa (295.06 °C)			
Sat.	0.03244	2589.7	2784.3	5.8892	0.02737	2580.5	2772.1	5.8133	0.02352	2569.0	2758.0	5.7432
300	0.03616	2667.2	2884.2	6.0674	0.02947	2632.2	2838.4	5.9305	0.02426	2590.9	2785.0	5.7906
350	0.04223	2789.6	3043.0	6.3335	0.03524	2769.4	3016.0	6.2283	0.02995	2747.7	2987.3	6.1301
400	0.04739	2892.9	3177.2	6.5408	0.03993	2878.6	3158.1	6.4478	0.03432	2863.8	3138.3	6.3634
450	0.05214	2988.9	3301.8	6.7193	0.04416	2978.0	3287.1	6.6327	0.03817	2966.7	3272.0	6.5551
500	0.05665	3082.2	3422.2	6.8803	0.04814	3073.4	3410.3	6.7975	0.04175	3064.3	3398.3	6.7240
550	0.06101	3174.6	3540.6	7.0288	0.05195	3167.2	3530.9	6.9486	0.04516	3159.8	3521.0	6.8778
600	0.06525	3266.9	3658.4	7.1677	0.05565	3260.7	3650.3	7.0894	0.04845	3254.4	3642.0	7.0206

Enthalpy of formation at 25 °C, Ideal Gas Enthalpy & Absolute Entropy at 100 KP_a pressure.

	Nitrogen, Diatomic (N_2) (9/30/65)		Nitrogen, Monatomic (N) (3/31/61)		Oxygen, Diatomic (O_2) (9/30/65)		Oxygen, Monatomic (O) (6/30/62)		Water (H_2O) (3/31/61)		Carbon Dioxide (CO_2) (9/30/65)		Carbon Monoxide (CO) (9/30/65)	
	$(\bar{h}_f^\circ)_{298} = 0$ kJ/kg-mol $M = 28.013$		$(\bar{h}_f^\circ)_{298} = 472\,646$ kJ/kg-mol $M = 14.007$		$(\bar{h}_f^\circ)_{298} = 0$ kJ/kg-mol $M = 31.999$		$(\bar{h}_f^\circ)_{298} = 249\,195$ kJ/kg-mol $M = 16.00$		$(\bar{h}_f^\circ)_{298} = -241\,827$ kJ/kg-mol $M = 18.015$		$(\bar{h}_f^\circ)_{298} = -393\,522$ kJ/kg-mol $M = 44.01$		$(\bar{h}_f^\circ)_{298} = -110\,529$ kJ/kg-mol $M = 28.01$	
Temp. K	$(\bar{h}^\circ - \bar{h}^\circ_{298})$ kJ/kmol	$\bar{s}^\circ$ kJ/kmol K	$(\bar{h}^\circ - \bar{h}^\circ_{298})$ kJ/kmol	$\bar{s}^\circ$ kJ/kmol K	$(\bar{h}^\circ - \bar{h}^\circ_{298})$ kJ/kmol	$\bar{s}^\circ$ kJ/kmol K	$(\bar{h}^\circ - \bar{h}^\circ_{298})$ kJ/kmol	$\bar{s}^\circ$ kJ/kmol K	$(\bar{h}^\circ - \bar{h}^\circ_{298})$ kJ/kmol	$\bar{s}^\circ$ kJ/kmol K	$(\bar{h}^\circ - \bar{h}^\circ_{298})$ kJ/kmol	$\bar{s}^\circ$ kJ/kmol K	$(\bar{h}^\circ - \bar{h}^\circ_{298})$ kJ/kmol	$\bar{s}^\circ$ kJ/kmol K
0	−8 669	0	−6 197	0	−8 682	0	−6 728	0	−9 904	0	−9 364	0	−8 669	0
100	−5 770	159.813	−4 117	130.596	−5 778	173.306	−4 519	135.947	−6 615	152.390	−6 456	179.109	−5 770	165.850
200	−2 858	179.988	−2 042	145.006	−2 866	193.486	−2 188	152.156	−3 280	175.486	−3 414	199.975	−2 858	186.025
298	0	191.611	0	153.302	0	205.142	0	161.060	0	188.833	0	213.795	0	197.653
300	54	191.791	38	153.432	54	205.322	42	161.198	63	189.038	67	214.025	54	197.833
400	2 971	200.180	2 117	159.411	3 029	213.874	2 209	167.432	3 452	198.783	4 008	225.334	2 975	206.234
500	5 912	206.740	4 197	164.051	6 088	220.698	4 343	172.202	6 920	206.523	8 314	234.924	5 929	212.828
600	8 891	212.175	6 276	167.842	9 247	226.455	6 460	176.063	10 498	213.037	12 916	243.309	8 941	218.313
700	11 937	216.866	8 351	171.047	12 502	231.272	8 569	179.314	14 184	218.719	17 761	250.773	12 021	223.062
800	15 046	221.016	10 431	173.821	15 841	235.924	10 669	182.118	17 991	223.803	22 815	257.517	15 175	227.271
900	18 221	224.757	12 510	176.268	19 246	239.936	12 770	184.590	21 924	228.430	28 041	263.668	18 397	231.066
1000	21 460	228.167	14 590	178.461	22 707	243.585	14 862	186.795	25 978	232.706	33 405	269.325	21 686	234.531
1100	24 757	231.309	16 669	180.440	26 217	246.928	16 949	188.787	30 167	236.694	38 894	274.555	25 033	237.719
1200	28 108	234.225	18 749	182.247	29 765	250.016	19 041	190.603	34 476	240.443	44 484	279.417	28 426	240.673
1300	31 501	236.941	20 824	183.803	33 351	252.886	21 125	192.272	38 903	243.986	50 158	283.956	31 865	243.426
1400	34 936	239.484	22 903	185.452	36 966	255.564	23 213	193.820	43 447	247.350	55 907	288.216	35 338	245.999
1500	38 405	241.878	24 983	186.887	40 610	258.078	25 296	195.260	48 095	250.560	61 714	292.224	38 848	248.421
1600	41 903	244.137	27 062	188.230	44 279	260.446	27 380	196.603	52 844	253.622	67 580	296.010	42 384	250.702
1700	45 430	246.275	29 142	189.490	47 970	262.685	29 464	197.866	57 685	256.559	73 492	299.592	45 940	252.861
1800	48 982	248.304	31 217	190.678	51 689	264.810	31 547	199.059	62 609	259.371	79 442	302.993	49 522	254.907
1900	52 551	250.237	33 296	191.799	55 434	266.835	33 631	200.184	67 613	262.078	85 429	306.232	53 124	256.852
2000	56 141	252.078	35 376	192.866	59 199	268.764	35 715	201.251	72 689	264.681	91 450	309.320	56 739	258.710
2100	59 748	253.836	37 455	193.883	62 986	270.613	37 798	202.268	77 831	267.191	97 500	312.269	60 375	260.480
2200	63 371	255.522	39 535	194.850	66 802	272.387	39 882	203.238	83 036	269.609	103 575	315.098	64 019	262.174
2300	67 007	257.137	41 614	195.774	70 634	274.090	41 961	204.163	88 295	271.948	109 671	317.805	67 676	263.802
2400	70 651	258.689	43 698	196.661	74 492	275.735	44 045	205.050	93 604	274.207	115 788	320.411	71 346	265.362
2500	74 312	260.183	45 777	197.511	78 375	277.316	46 133	205.899	98 964	276.396	121 926	322.918	75 023	266.865
2600	77 973	261.622	47 861	198.326	82 274	278.848	48 216	206.720	104 370	278.517	128 085	325.332	78 714	268.312
2700	81 659	263.011	49 949	199.113	86 199	280.329	50 304	207.506	109 813	280.571	134 256	327.658	82 408	269.705
2800	85 345	264.350	52 036	199.875	90 144	281.764	52 392	208.268	115 294	282.563	140 444	329.909	86 115	271.053
2900	89 036	265.647	54 124	200.607	94 111	283.157	54 484	209.000	120 813	284.500	146 645	332.085	89 826	272.358
3000	92 738	266.902	56 220	201.318	98 098	284.508	56 576	209.711	126 361	286.383	152 862	334.193	93 542	273.618
3200	100 161	269.295	60 421	202.674	106 127	287.098	60 768	211.063	137 553	289.994	165 331	338.218	100 998	276.023
3400	107 608	271.555	64 647	203.954	114 232	289.554	64 973	212.339	148 854	293.416	177 849	342.013	108 479	278.291
3600	115 081	273.689	68 906	205.171	122 399	291.889	69 191	213.544	160 247	296.676	190 405	345.599	115 976	280.433
3800	122 570	275.714	73 199	206.330	130 629	294.115	73 425	214.686	171 724	299.776	202 999	349.005	123 495	282.467
4000	130 076	277.638	77 534	207.443	138 913	296.236	77 676	215.778	183 280	302.742	215 635	352.243	131 026	284.396
4200	137 603	279.475	81 923	208.514	147 248	298.270	81 948	216.820	194 903	305.575	228 304	355.335	138 578	286.241
4400	145 143	281.228	86 370	209.548	155 628	300.219	86 236	217.816	206 585	308.295	241 003	358.289	146 147	287.998
4600	152 699	282.910	90 881	210.552	164 046	302.094	90 546	218.774	218 325	310.901	253 734	361.122	153 724	289.684
4800	160 272	284.521	95 462	211.527	172 502	303.893	94 876	219.694	230 120	313.412	266 500	363.837	161 322	291.299
5000	167 858	286.069	100 115	212.477	180 987	305.621	99 224	220.585	241 957	315.830	279 295	366.448	168 929	292.851
5200	175 456	287.559	104 847	213.401	189 502	307.290	103 596	221.439	253 839	318.160	292 123	368.963	176 548	294.349
5400	183 071	288.994	109 663	214.309	198 037	308.901	107 985	222.267	265 768	320.407	304 984	371.389	184 184	295.789
5600	190 703	290.383	114 558	215.201	206 593	310.458	112 395	223.071	277 738	322.587	317 884	373.736	191 832	297.178
5800	198 347	291.726	119 537	216.075	215 166	311.964	116 821	223.849	289 746	324.692	330 821	376.004	199 489	298.521
6000	206 008	293.023	124 600	216.933	223 756	313.420	121 269	224.602	301 796	326.733	343 791	378.205	207 162	299.822