

問題用紙は、試験監督員からの開始の指示があるまで  
一切開かないでください。

## 令和元年度

甲 種 化 学

学識試験問題

AZ

試験時間 13：30 ~ 15：30

### 注意事項

- (1) 配布された問題用紙の種類（左上に黒地白文字で示しています。）が受験する試験の種類に間違いがないか、また、問題用紙と受験番号札の色が合致しているかどうか、必ず確認してください。  
万一、異なる場合は、速やかに試験監督員に申し出てください。
- (2) 解答は、問題ごとの「解答用紙」に記入してください。  
別問題の「解答用紙」に解答した場合、その解答は無効となりますので、記入を間違えないよう注意してください。
- (3) 常用対数表を p 7 ~ 9 に添付しました。  
計算上必要な場合は、使用してください。
- (4) 「解答用紙」は、採点の際に問題ごとに切り離しますので、すべての解答用紙に「受験番号」、「氏名」を必ず記入してください。
- (5) 試験問題に関する質問にはお答えできません。
- (6) 「問題用紙」および「解答用紙」は、試験監督員の指示に従い必ず提出してください。

甲化(学)AZ

次の各問について、特に記述のない場合、圧力は絶対圧力を示します。

---

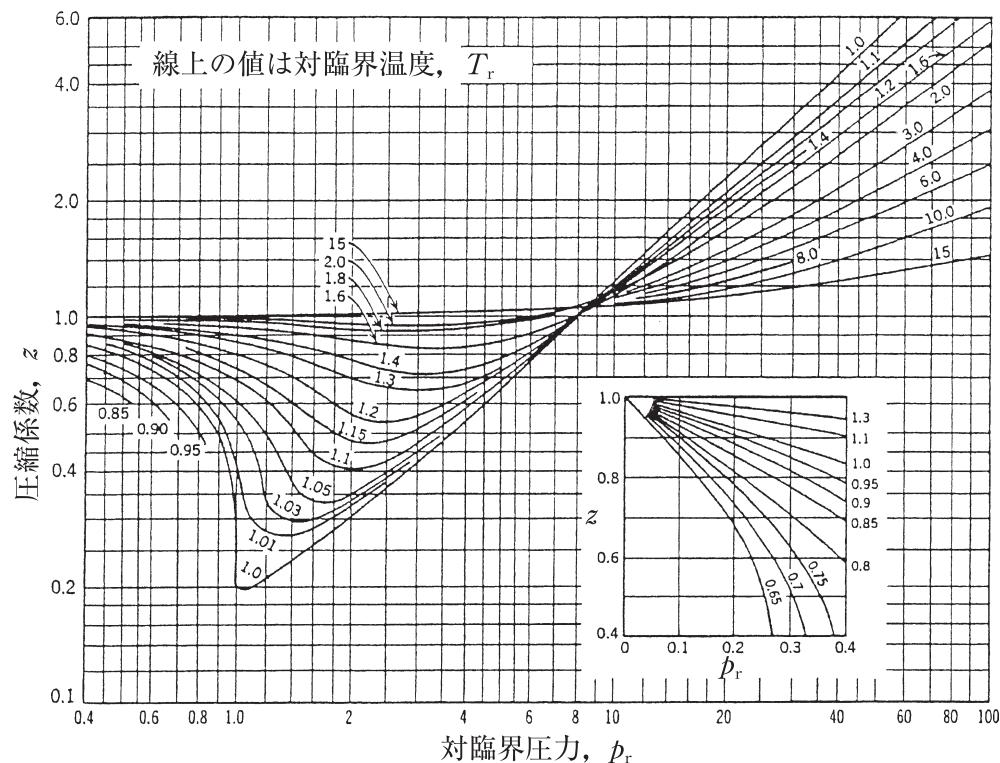
問1 アルゴン 30 vol%、水素 70 vol% の混合気体がある。以下の間に答えよ。ただし、アルゴン、水素の分子量はそれぞれ 40.0、2.0、また比熱容量の比はそれぞれ 1.67、1.41 とし、アルゴン、水素およびその混合気体は理想気体として取り扱えるものとする。また、定圧モル熱容量  $C_{m,p}$  と定容モル熱容量  $C_{m,V}$  の間には次のマイヤーの関係が成り立つものとする。

$$C_{m,p} - C_{m,V} = R \quad \text{ここで } R \text{ は気体定数である。} \quad (15\text{点})$$

- (1) アルゴンおよび水素の混合気体中での質量分率はそれぞれいくらか。
- (2) 混合気体の定圧比熱容量 [kJ/(kg·K)] はいくらか。

(1) 対応状態原理が成り立っている系において、圧縮係数  $z$  を対臨界温度  $T_r$ 、対臨界圧力  $p_r$ 、対臨界モル体積  $V_r$  および臨界圧縮係数  $z_c$  を用いて表せ。

(2) 圧力容器に、ある実在気体 30 mol を充てんしたところ温度 173 °C、圧力 22.54 MPa となつた。下の一般化  $z$  線図を用いて計算した場合の容器の体積はおよそいくらか。ただし、この気体の臨界温度は 405.4 K、臨界圧力は 11.27 MPa とする。

図 一般化  $z$  線図

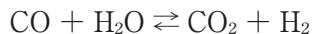
問3 化学反応において、反応のギブズエネルギー変化  $\Delta G$ 、エンタルピー変化  $\Delta H$  およびエントロピー変化  $\Delta S$  の間には以下の関係式が成り立つ。

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

また、反応平衡定数  $K$  と反応のギブズエネルギー変化  $\Delta G$  の間には次の関係式が成り立つ。

$$-\Delta G/RT = \ln K$$

これらの関係式を参考にして、次のシフト反応に関する以下の間に答えよ。



ただし、シフト反応は可逆反応で、CO、H<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub> の標準生成エンタルピーと標準生成ギブズエネルギーはそれぞれ次の表で与えられる。 (15点)

	CO	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>
$\Delta H_f^\circ$ [kJ/mol]	-110.5	-241.8	-393.5	0
$\Delta G_f^\circ$ [kJ/mol]	-137.2	-228.6	-394.4	0

- (1) シフト反応の標準状態 (298 K、101 kPa) での反応のエンタルピー変化  $\Delta H^\circ$ 、反応のギブズエネルギー変化  $\Delta G^\circ$  および反応のエントロピー変化  $\Delta S^\circ$  を求めよ。
- (2) 反応平衡定数  $K$  を CO、H<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub> のそれぞれの分圧  $p_{\text{CO}}$ 、 $p_{\text{H}_2\text{O}}$ 、 $p_{\text{CO}_2}$  および  $p_{\text{H}_2}$  で表せ。

また反応平衡定数  $K$  が  $K = 1$  (平衡が原料側と生成物側の中間) となる反応温度はおよそ何 K か。ただし、 $\Delta H$  および  $\Delta S$  の温度依存性は小さく、温度によらず一定と近似して良い。

- (3) 反応温度が 671 K のときの平衡定数を求めよ。ただし、 $\ln K = 2.3 \log K$  として計算せよ。
- (4) 等温、定容下でこの系に水蒸気を多量に加えるとどうなるか、その理由も説明せよ。

問4 次に示す2種の物質について、その性質・用途および工業的製造法における原料および製造プロセス（化学反応とその触媒、プロセスの特徴など）について記せ。

(20点)

物 質		アンモニア	酸化エチレン
性質・用途			
	原 料		
工 業 的 製 造 法	製造プロセス (化学反応とその 触媒、プロセス の特徴など)		

問5 25 °C、標準大気圧のエタン 50 vol%、プロパン 50 vol% からなる混合気体を調製した。以下の間に答えよ。  
(15点)

- (1) エタン、プロパンの燃焼熱をそれぞれ求めよ。ただし、エタン、プロパン、二酸化炭素、および水 (g) の標準生成エンタルピー  $\Delta H_f^\circ$  は、それぞれ  $-83.8 \text{ kJ/mol}$ 、 $-104.7 \text{ kJ/mol}$ 、 $-393.5 \text{ kJ/mol}$ 、および  $-241.8 \text{ kJ/mol}$  とする。
- (2) エタンの爆発下限界は 3.0 vol% である。プロパンの爆発下限界をバージェス-ホイーラー (Burgess-Wheeler) の法則を用いて推算せよ。
- (3) (2)で求めた値を用いて、この混合気体の爆発下限界を計算せよ。
- (4) 飽和炭化水素の爆発上限界についてバージェス-ホイーラーの法則が適用できない。理由について説明せよ。

問6 次の3つの用語のうちから、2つを選んで説明せよ。

(20点)

- (1) 热力学の第一法則
- (2) 連鎖反応
- (3) 蒸気爆発

## 常用対数表の使い方

1.  $\log_b x = c$  において、 $b$  を底数、 $x$  を真数、 $c$  を対数という。
2. 次頁の常用対数表の縦は真数の小数第1位までの数値を、横は真数の小数第2位の数値を表し、表中の数値は常用対数（10を底とする対数で、 $\log x$ と表す。）の小数を表す。

（例）真数  $x$  が 5.02 の場合、 $\log x = \log 5.02 = 0.701$  であることを表している。

（下表の網掛け部分を参照）

常用対数表（表中の数値は小数を表す）

$x$ の小数第1位 までの数値 ↓	→ $x$ の小数第2位の数値					
	0	1	2	3	4	5
1.0	000	004	009	013	017	021
2.5	398	400	401	403	405	407
2.6	415	417	418	420	422	423
4.9	690	691	692	693	694	695
5.0	699	700	701	702	702	703
9.9	996	996	997	997	997	998

## 対数と指数の関係

1.  $\log_b x = c$  は、 $b^c = x$  を意味する。
2. 対数表を使って  $x$  を求める計算は、次の例のとおりである。

（例） $5.02^{0.602} = x$  を求める場合、

$$\log x = 0.602 \log 5.02 = 0.602 \times 0.701 = 0.422$$

対数表より  $0.422 = \log 2.64$  であるから、 $x = 2.64$  となる。

（上表の網掛け部分を参照）

## 対数に関する公式

1. 自然対数（ $e = 2.718 \dots$  を底とする対数で、 $\ln x$  と表す。）と常用対数の関係は、 $\ln x = 2.30 \log x$ 、 $\log x = 0.434 \ln x$  とする。
2.  $\log xy = \log x + \log y$
3.  $\log(x/y) = \log x - \log y$
4.  $\log x^n = n \log x$

（公式の使用例）

1. 真数  $x = 500$  の場合

$$\log 500 = \log(5 \times 10^2) = \log 5 + \log 10^2 = \log 5 + 2 \log 10 = 0.699 + 2 \times 1 = 2.699$$

2. 真数  $x = 0.05$  の場合

$$\log 0.05 = \log(5 \times 10^{-2}) = \log 5 + \log 10^{-2} = \log 5 - 2 \log 10 = 0.699 - 2 \times 1 = -1.301$$

常用対数表 (1)

(表中の数値は小数を表す)

1.00 ~ 5.49

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	000	004	009	013	017	021	025	029	033	037
1.1	041	045	049	053	057	061	064	068	072	076
1.2	079	083	086	090	093	097	100	104	107	111
1.3	114	117	121	124	127	130	134	137	140	143
1.4	146	149	152	155	158	161	164	167	170	173
1.5	176	179	182	185	188	190	193	196	199	201
1.6	204	207	210	212	215	217	220	223	225	228
1.7	230	233	236	238	241	243	246	248	250	253
1.8	255	258	260	262	265	267	270	272	274	276
1.9	279	281	283	286	288	290	292	294	297	299
2.0	301	303	305	307	310	312	314	316	318	320
2.1	322	324	326	328	330	332	334	336	338	340
2.2	342	344	346	348	350	352	354	356	358	360
2.3	362	364	365	367	369	371	373	375	377	378
2.4	380	382	384	386	387	389	391	393	394	396
2.5	398	400	401	403	405	407	408	410	412	413
2.6	415	417	418	420	422	423	425	427	428	430
2.7	431	433	435	436	438	439	441	442	444	446
2.8	447	449	450	452	453	455	456	458	459	461
2.9	462	464	465	467	468	470	471	473	474	476
3.0	477	479	480	481	483	484	486	487	489	490
3.1	491	493	494	496	497	498	500	501	502	504
3.2	505	507	508	509	511	512	513	515	516	517
3.3	519	520	521	522	524	525	526	528	529	530
3.4	531	533	534	535	537	538	539	540	542	543
3.5	544	545	547	548	549	550	551	553	554	555
3.6	556	558	559	560	561	562	563	565	566	567
3.7	568	569	571	572	573	574	575	576	577	579
3.8	580	581	582	583	584	585	587	588	589	590
3.9	591	592	593	594	595	597	598	599	600	601
4.0	602	603	604	605	606	607	609	610	611	612
4.1	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622
4.2	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632
4.3	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642
4.4	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652
4.5	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662
4.6	663	664	665	666	667	667	668	669	670	671
4.7	672	673	674	675	676	677	678	679	679	680
4.8	681	682	683	684	685	686	687	688	688	689
4.9	690	691	692	693	694	695	695	696	697	698
5.0	699	700	701	702	702	703	704	705	706	707
5.1	708	708	709	710	711	712	713	713	714	715
5.2	716	717	718	719	719	720	721	722	723	723
5.3	724	725	726	727	728	728	729	730	731	732
5.4	732	733	734	735	736	736	737	738	739	740

常用対数表 (2)

(表中の数値は小数を表す)

5.50 ~ 9.99

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.5	740	741	742	743	744	744	745	746	747	747
5.6	748	749	750	751	751	752	753	754	754	755
5.7	756	757	757	758	759	760	760	761	762	763
5.8	763	764	765	766	766	767	768	769	769	770
5.9	771	772	772	773	774	775	775	776	777	777
6.0	778	779	780	780	781	782	782	783	784	785
6.1	785	786	787	787	788	789	790	790	791	792
6.2	792	793	794	794	795	796	797	797	798	799
6.3	799	800	801	801	802	803	803	804	805	806
6.4	806	807	808	808	809	810	810	811	812	812
6.5	813	814	814	815	816	816	817	818	818	819
6.6	820	820	821	822	822	823	823	824	825	825
6.7	826	827	827	828	829	829	830	831	831	832
6.8	833	833	834	834	835	836	836	837	838	838
6.9	839	839	840	841	841	842	843	843	844	844
7.0	845	846	846	847	848	848	849	849	850	851
7.1	851	852	852	853	854	854	855	856	856	857
7.2	857	858	859	859	860	860	861	862	862	863
7.3	863	864	865	865	866	866	867	867	868	869
7.4	869	870	870	871	872	872	873	873	874	874
7.5	875	876	876	877	877	878	879	879	880	880
7.6	881	881	882	883	883	884	884	885	885	886
7.7	886	887	888	888	889	889	890	890	891	892
7.8	892	893	893	894	894	895	895	896	897	897
7.9	898	898	899	899	900	900	901	901	902	903
8.0	903	904	904	905	905	906	906	907	907	908
8.1	908	909	910	910	911	911	912	912	913	913
8.2	914	914	915	915	916	916	917	918	918	919
8.3	919	920	920	921	921	922	922	923	923	924
8.4	924	925	925	926	926	927	927	928	928	929
8.5	929	930	930	931	931	932	932	933	933	934
8.6	934	935	936	936	937	937	938	938	939	939
8.7	940	940	941	941	942	942	943	943	943	944
8.8	944	945	945	946	946	947	947	948	948	949
8.9	949	950	950	951	951	952	952	953	953	954
9.0	954	955	955	956	956	957	957	958	958	959
9.1	959	960	960	960	961	961	962	962	963	963
9.2	964	964	965	965	966	966	967	967	968	968
9.3	968	969	969	970	970	971	971	972	972	973
9.4	973	974	974	975	975	975	976	976	977	977
9.5	978	978	979	979	980	980	980	981	981	982
9.6	982	983	983	984	984	985	985	985	986	986
9.7	987	987	988	988	989	989	989	990	990	991
9.8	991	992	992	993	993	993	994	994	995	995
9.9	996	996	997	997	997	998	998	999	999	1.000

