1．濃度未知の塩酸の濃度を決定するために次のような実験を行った。以下の問いに答えよ。ただし，数値で答える問題は有効数字2桁で答えること。（原子量　H＝1.0　C＝12　O＝16　Cl＝35.5　Ca＝40）

【実験】

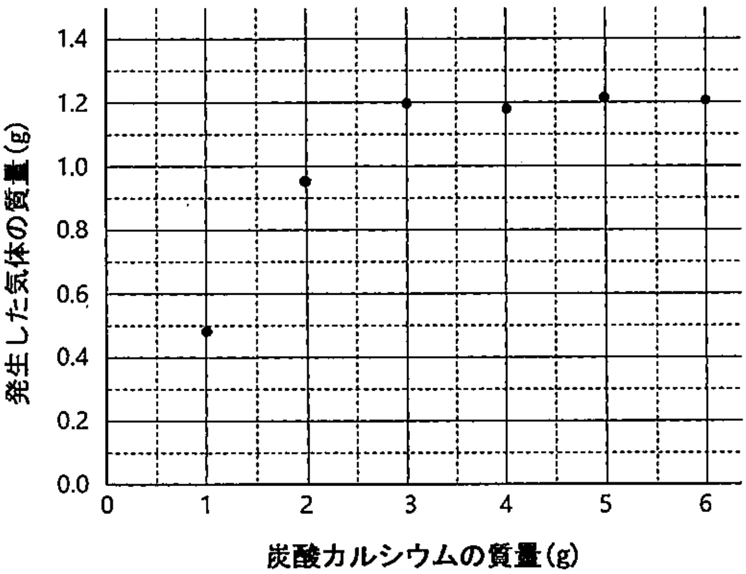
操作1：濃度未知の塩酸 30 mL をビーカーにとり，全体の質量 w_1〔g〕を測定した。

操作2：炭酸カルシウムを 1.00 g はかり，塩酸に加えて反応させた。

操作3：しばらく放置し，反応が完全に終了したところでビーカー全体の質量 w_2〔g〕を測定した。

操作4：炭酸カルシウムの質量を 2.00 g，3.00 g，4.00 g，5.00 g，6.00 g にして同様の操作を行った。

【結果】実験結果から，発生した気体の質量を求めるとグラフのようになった。



(1) 発生した気体は何か化学式で答えよ。

(2) 操作1～3において，炭酸カルシウム 1.00 g を反応させたときに発生する気体の質量を表す式として，最も適切な文字式をア～オから選べ。

ア．w_1+w_2　　イ．w_1-w_2　　ウ．$w_1-w_2+1.00$　　エ．$w_1-w_2-1.00$　　オ．$w_1+w_2-1.00$

(3) グラフより，今回使用した濃度未知の塩酸 30 mL と過不足なく反応する炭酸カルシウムの質量を求めよ。

(4) (3)で求めた値を用いて，今回使用した塩酸のモル濃度を求めよ。

2． 食酢中に含まれている酢酸を定量するために次のような実験を行った。ただし，食酢中に含まれている酸はすべて酢酸とし，食酢の密度は 1.00 g/mL とする。また，数値で答える問題は，計算で用いた値の有効数字を考慮して，適切な桁数で答えること。（原子量　H＝1.0　C＝12　O＝16　Na＝23）

I.　シュウ酸の結晶をビーカーにはかり取って少量の水に溶かし，容量 100 mL の器具 A に移して正確に 0.0500 mol/L シュウ酸標準溶液を調製した。

II.　このシュウ酸標準溶液を用いて水酸化ナトリウム水溶液の濃度を決定すると 0.100 mol/L であった。

III.　水で 10 倍にうすめた食酢 10.0 mL を器具 B で正確にはかり取り，コニカルビーカーに入れ，フェノールフタレイン溶液を加えた。

IV.　標定した 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を容量 25 mL の器具 C に入れ，液面を 0 mL の目盛りに合わせた。

V.　コニカルビーカーに水酸化ナトリウム水溶液を滴下していき，溶液の色が変化したところを中和点とした。器具 C の目盛りを見ると**図 1** のようになっていた。

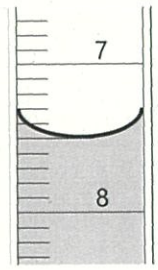
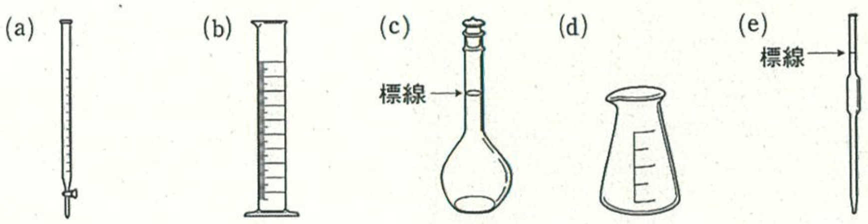


図１．器具 C

(1) 今回使用したシュウ酸の結晶はシュウ酸二水和物であった。シュウ酸二水和物の化学式を書け。

(2) 器具 A～C を，それぞれ次の(a)～(e)から選び，その器具の名称も答えよ。



(3) 器具 A～C を使用しようとしたところ，純水で濡れていた。

（i）純水で濡れたまま使用してよいものをすべて選び，A～C の記号で答えよ。

（ii）濡れたままでは使用できない器具には，どのような処理を行えばよいか簡潔に述べよ。

(4) 操作Ⅳ・Ⅴにおいて，滴下した水酸化ナトリウム水溶液の体積は何 mL か。ただし，器具 C の数値の単位は mL である。

(5) 下線部について，溶液の色は何色から何色に変化したか，例にならって答えよ。（例：「白色→黒色」）

(6) 操作 I において，シュウ酸を溶かしたビーカーの洗液を器具 A に入れ忘れてしまった場合，操作Ⅱで求められる水酸化ナトリウム水溶液の濃度は実際の 0.100 mol/L と比べてどうなるか。「大きくなる」「小さくなる」「変わらない」のいずれかで答えよ。

(7) 10 倍にうすめた食酢中の酢酸のモル濃度は何 mol/L か。

(8) 食酢 1.00 L 中に含まれる酢酸の質量は何 g か。

(9) 食酢中の酢酸の質量パーセント濃度は何%か。

3．次の空らんにあてはまる整数を入れなさい。

(1) $4^{-1}=\dfrac{1}{\boxed{\quad}}$　　(2) $6^{0}=\boxed{\quad}$　　(3) $\dfrac{1}{1000}=10^{\boxed{\quad}}$

4．次の計算をしなさい。（指数を用いずに表すこと）

(1) $2^{5}\times2^{-2}$　　(2) $(3^{-2})^{3}$　　(3) $7^{5}\div7^{3}$

5．次の計算を対数の性質を用いて計算せよ。

対数の性質　$a>0$,　$a\neq1$，$M>0$, $N>0$ で k が実数のとき
[1]　$\log_a MN=\log_a M+\log_a N$
[2]　$\log_a \dfrac{M}{N}=\log_a M-\log_a N$
[3]　$\log_a M^k=k\log_a M$

(1) $\log_{10}5+\log_{10}2$　　(2) $\log_{3}54-\log_{3}2$

(3) $\log_{2}36+\log_{2}6-3\log_{2}3$

6．下の常用対数表を用いて，次の値を求めよ。

(1) $\log_{10}2.08$　　(2) $\log_{10}37200$

常用対数表（真数が 1.00～4.09 まで）

数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	.0000	.0043	.0086	.0128	.0170	.0212	.0253	.0294	.0334	.0374
1.1	.0414	.0453	.0492	.0531	.0569	.0607	.0645	.0682	.0719	.0755
1.2	.0792	.0828	.0864	.0899	.0934	.0969	.1004	.1038	.1072	.1106
1.3	.1139	.1173	.1206	.1239	.1271	.1303	.1335	.1367	.1399	.1430
1.4	.1461	.1492	.1523	.1553	.1584	.1614	.1644	.1673	.1703	.1732
1.5	.1761	.1790	.1818	.1847	.1875	.1903	.1931	.1959	.1987	.2014
1.6	.2041	.2068	.2095	.2122	.2148	.2175	.2201	.2227	.2253	.2279
1.7	.2304	.2330	.2355	.2380	.2405	.2430	.2455	.2480	.2504	.2529
1.8	.2553	.2577	.2601	.2625	.2648	.2672	.2695	.2718	.2742	.2765
1.9	.2788	.2810	.2833	.2856	.2878	.2900	.2923	.2945	.2967	.2989
2.0	.3010	.3032	.3054	.3075	.3096	.3118	.3139	.3160	.3181	.3201
2.1	.3222	.3243	.3263	.3284	.3304	.3324	.3345	.3365	.3385	.3404
2.2	.3424	.3444	.3464	.3483	.3502	.3522	.3541	.3560	.3579	.3598
2.3	.3617	.3636	.3655	.3674	.3692	.3711	.3729	.3747	.3766	.3784
2.4	.3802	.3820	.3838	.3856	.3874	.3892	.3909	.3927	.3945	.3962
2.5	.3979	.3997	.4014	.4031	.4048	.4065	.4082	.4099	.4116	.4133
2.6	.4150	.4166	.4183	.4200	.4216	.4232	.4249	.4265	.4281	.4298
2.7	.4314	.4330	.4346	.4362	.4378	.4393	.4409	.4425	.4440	.4456
2.8	.4472	.4487	.4502	.4518	.4533	.4548	.4564	.4579	.4594	.4609
2.9	.4624	.4639	.4654	.4669	.4683	.4698	.4713	.4728	.4742	.4757
3.0	.4771	.4786	.4800	.4814	.4829	.4843	.4857	.4871	.4886	.4900
3.1	.4914	.4928	.4942	.4955	.4969	.4983	.4997	.5011	.5024	.5038
3.2	.5051	.5065	.5079	.5092	.5105	.5119	.5132	.5145	.5159	.5172
3.3	.5185	.5198	.5211	.5224	.5237	.5250	.5263	.5276	.5289	.5302
3.4	.5315	.5328	.5340	.5353	.5366	.5378	.5391	.5403	.5416	.5428
3.5	.5441	.5453	.5465	.5478	.5490	.5502	.5514	.5527	.5539	.5551
3.6	.5563	.5575	.5587	.5599	.5611	.5623	.5635	.5647	.5658	.5670
3.7	.5682	.5694	.5705	.5717	.5729	.5740	.5752	.5763	.5775	.5786
3.8	.5798	.5809	.5821	.5832	.5843	.5855	.5866	.5877	.5888	.5899
3.9	.5911	.5922	.5933	.5944	.5955	.5966	.5977	.5988	.5999	.6010
4.0	.6021	.6031	.6042	.6053	.6064	.6075	.6085	.6096	.6107	.6117

7．次の$\boxed{ア}$〜$\boxed{キ}$に適する値を答えなさい．

恒星の明るさは「等級」を用いて表され，等級が小さいほど明るく，1等級の星のことを「1等星」という．「等級」は紀元前に星の見える明るさの違いを6段階で分類したのが始まりで，現在1等星は6等星の100倍の明るさであることがわかっている．

これらのことより，等級が1減るごとに明るさがk倍（$k>0$）になるとすると，等級がx減ると明るさはk^x倍になる．よって，6等星から1等星までなら等級が5減り，明るさが100倍になるので

$$k^5 = 100 \cdot\cdot\cdot \quad (\bigstar)$$

となる．1等星の明るさをm_1，11等星の明るさをm_{11}とすると

$$\frac{m_1}{m_{11}} = k^{\boxed{ア}}$$

であり，1等星の明るさは，11等星の明るさの$\boxed{イ}$倍である．

さらに，10を底とする（★）の式の両辺の対数をとると，$\log_{10} 100 = \boxed{ウ}$より

$$\log_{10} k = \boxed{エ} \text{（分数）}$$

で，具体的な値として，$\log_{10} k$が求めることができる．

次に2つの星の明るさの関係について考えてみよう。

オオイヌ座のシリウスは-1.46等星で，コト座のベガは0.00等星である．よってシリウスはベガに対して$k^{\boxed{オ}}$倍の明るさになりこの値をyとすると，

$$y = k^{\boxed{オ}}$$

となる．この式の底を10とする両辺の対数（常用対数）をとると，

$$\log_{10} y = \boxed{オ} \log_{10} k$$

$$\log_{10} y = \boxed{カ}$$

となるので，右辺の値が求められる．よって，常用対数表を用いて小数第2位まで求めると，

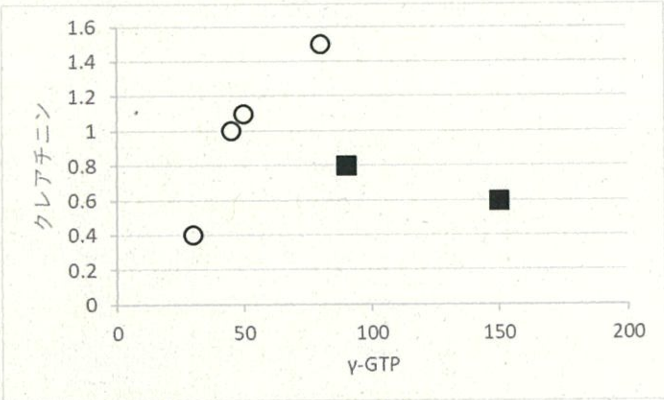
$y = \boxed{キ}$ 倍となる．

（常用対数表は大問6で示したもの用いること。）

8．　次の文章を読んで、以下の問題に答えよ。

次の表は、C 地区に住んでいる住人の直近の健康診断の結果である。なお、「とある病気に罹患」の列は、罹患しているなら 1、罹患していないなら 0 としている（罹患：病気にかかっている）。

通し番号	γ-GTP	クレアチニン	とある病気に罹患
1	30	0.4	0
2	45	1	0
3	80	1.5	0
4	50	1.1	0
5	90	0.8	1
6	150	0.6	1



線を引いて、とある病気に罹患している人としていない人を判別できるか検討してみた。試しに、

$$y = 0.01x + 0.2 \quad ・・・(a)$$

の直線を引いてみた。xはγ-GTP の値、yはクレアチニンの値である。この直線より下（線上は含まない）にあればとある病気に罹患していると判別し、そうでなければ、罹患していないと判別してみることした。この判別分析の精度を求めてみる。

(1)「罹患者を一人でも多く発見する」という問題に対する適合率を求めよ。

(2)「罹患者を一人でも多く発見する」という問題に対する再現率を求めよ。

茶実子さんが、とある病気に罹患しているかどうか、式(a)を用いて判別分析を使って予測してみた。

(3) 茶実子さんのクレアチニンが 0.9 だったとき、式(a)による判別分析によって、罹患していると判定されるγ-GTP の値xの範囲を求めよ。ただし、γ-GTP は 0 以上とする。

9．次の Excel の B～D列は、12 月 1 日～10 日までの最低気温とコンビニエンスストアのおでんの売上個数を表にしたものである。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2		12月	最適気温（x）	売上個数（y）	f(x)（予測値）	y-f(x)	(y-f(x))^2	E		θ0	1000
3		1	9	588	550	38	1444	4612.5		θ1	-50
4		2	10	506	500	6	36				
5		3	3	837	850	-13	169				
6		4	2	859	900	-41	1681				
7		5	7	618	650	-32	1024				
8		6	8	567	600	-33	1089				
9		7	5	751	750	1	1				
10		8	4	758	800	-42	1764				
11		9	5	794	750	44	1936				
12		10	0	1009	1000	9	81				

おでんの売り上げを一次関数による回帰で予測したい。最低気温をx、実際の売上個数をyとし、売上個数の予測式を$f_{\theta_0,\theta_1}(x)$

$$f_{\theta_0,\theta_1}(x) = \theta_0 + \theta_1 x$$

とする。θ_0 と θ_1 に入る値を最小二乗法によって求める。最小二乗法は、

$$E(\theta_0,\theta_1) = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\left(y^{(i)} - f_{\theta_0,\theta_1}\left(x^{(i)}\right)\right)^2$$

の$E(\theta_0,\theta_1)$の値が最も小さくなるθ_0とθ_1の組み合わせを最良の値とするのであった。$y^{(i)}$はyのi番目の値、$x^{(i)}$はxのi番目の値である。今回、i番目はi日目に対応する。

まず、$E(\theta_0,\theta_1)$の値を求めるために、Excel で次のような表を作った。

K2 のセルにθ_0 の値、K3 のセルに θ_1の値が入っている。また、E3、F3、G3 のセルで数式を入れた後、

オートフィル機能を使って、E4～G12 のセルの値を算出している。その後、H3 のセルで$E(\theta_0,\theta_1)$の値が

算出できるようにした。

(1) E3 に入る数式を書け。

(2) F3 に入る数式を書け。

(3) G3 に入る数式を書け。ただし、数式の一部に F3 のセルを参照すること。

(4) H3 に入る数式を書け。ただし、数式の一部に SUM 関数を使用すること。

１０．勾配降下法を使って、関数 $f(x)=(x+1)^2$ が最小となるxの値を求めたい。

(1) $f(x)=(x+1)^2$ を微分せよ（$f(x)$の導関数$f'(x)$を求めよ)。(解答用紙には$f'(x)=$の形で書くこと)

(2) $f(x)$ の $x=3$ の点おける接線の傾きを求めよ（接線の式ではない)。

(3)～(4) 勾配降下法では、以下の更新式により、x の値を更新する。:=は、右辺の値を左辺に代入することを意味する。

$$x := x - \eta\, f'(x)$$

初期値を$x=3$、学習率を$\eta=0.4$ としたときに、x の値がどのように変化していくか、表の(3)～(4)を埋めよ。

	x
初期値（0 回目）	3
1 回目	(3)
2 回目	(4)
3 回目	……

(6) 上記の更新式で、初期値を$x=3$としたとき、学習率ηがある値だと、xの値がいつまでも 3 と別の値との間を行ったり来たりすることがある。その時の学習率ηの値を 1 つ挙げよ。ただし、$0<\eta\leq 1$とする。

以上