

(令4志理) 総合問題 II

問題部分 1 ～ 15 ページ

〔 第1問 : 1 ～ 5 ページ 〕

〔 第2問 : 6 ～ 9 ページ 〕

〔 第3問 : 10 ～ 15 ページ 〕

注意事項

- (1) 使用できるもの：黒鉛筆・シャープペンシル・プラスチック製の消しゴム・小型鉛筆削り・時計等、「受験者心得」で指示したもの。
- (2) 受験番号欄は各答案用紙の解答欄と評点欄の2か所、氏名欄は解答欄に1か所あります。受験番号は5けたの数字を枠内に1字ずつ明確に記入してください。
- (3) 受験番号及び氏名を指示されたところ以外に記入した場合や受験番号の数字が判別できない場合、採点の対象になりません。
- (4) 解答は、黒鉛筆またはシャープペンシルで答案用紙の所定の欄に、明確に記入してください。
- (5) 答案用紙の裏面には何も記入してはいけません。
- (6) 答案用紙に指示された以外のことを記入しても採点の対象になりません。
- (7) 医学部保健学科以外の志願者は、第1問～第3問より2問を選択・解答してください。医学部保健学科の志願者は、第1問～第3問より1問を選択・解答してください。
- (8) 選択・解答した問題番号を、別紙「選択問題登録用紙」に登録してください。登録した選択問題以外の問題を答案用紙に解答しても、採点の対象とはなりません。

※ 医学部保健学科以外の志願者は、第1問～第3問より2問を選択・解答し、
医学部保健学科の志願者は、第1問～第3問より1問を選択・解答してください。

第1問

計算のために必要であれば、以下の値を用いよ。

原子量： H 1.00 C 12.0 O 16.0 Pt 195

アボガドロ数： $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

水のイオン積： $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ (25°C)

I (配点率 17%, 医学部保健学科のみ配点率 34%) 以下の I a, I b の問いに答えよ。

I a 周期律表および元素に関する次の問いに答えよ。

(1) 以下の①～④の文中の (ア)～(コ) に当てはまる適当な語句, 数字, あるいは記号を解答欄に記入せよ。

- ① 18 族元素は単原子分子が安定で, 原子番号 (ア) の He から原子番号 86 の (イ) まで単体は常温常圧下で気体として安定である。
- ② 原子番号が同じだが質量数の異なる原子を同位体と呼ぶ。同位体の中には時間とともに粒子や電磁波を放出して別の原子に変わるものがあり, これを (ウ) 同位体とよぶ。代表的なものに $^{14}_6\text{C}$ があり, 時間とともに (エ) を放出して, 安定な $^{14}_7\text{N}$ に崩壊する。崩壊してその量が半分になる期間を半減期といい, $^{14}_6\text{C}$ の半減期は 5730 年である。したがって $^{14}_6\text{C}$ の量の 75% が崩壊し $^{14}_7\text{N}$ となる期間は, (オ) 年となる。
- ③ 周期律表で 3 族から 11 族元素は (カ) 元素と呼ばれ, その中で常温常圧下, 単体が液体であるものは, (キ) である。
- ④ 水素を除く 1 族の元素は, (ク) 金属元素と呼ばれ, 電子を (ケ) して (コ) になり易い。

I b 金属の結晶構造に関する次の問いに答えよ。

(2) 以下の①, ②の文中の (ア)～(エ) に当てはまる適当な語句, 数字, あるいは記号を解答欄に記入せよ。②については有効数字 3 桁で求めよ。

- ① 金属の結晶格子の構造には, (ア), (イ) および六方最密構造の 3 種類がある。
(ア) の原子周囲の最近接原子の数は 8 個であり, (イ) の最近接原子の数は, (ウ) 個である。(イ) の単位胞内の原子数は, (エ) 個である。
- ② 金属 Pt の結晶格子の構造は, (イ) である。Pt の単位格子の 1 辺の長さ (格子定数) は, $3.92 \times 10^{-8} \text{ cm}$ である。金属 Pt の密度 (g/cm^3) を求めよ。

II (配点率 17%, 医学部保健学科のみ 34%) 水溶液の pH に関して以下の(1)~(3)の問いに答えよ。
計算の過程も記述すること。なお水素イオン濃度および pH の値は有効数字 2 桁で求めなさい。必要に応じて近似計算を行っても良い。

- (1) 強酸である塩酸の濃度 $[\text{HCl}] = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の水溶液の水素イオン濃度を算出し pH を求めよ。
- (2) 弱酸である酢酸の濃度 $[\text{CH}_3\text{COOH}] = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の水溶液の 25°C における水素イオン濃度を算出し pH を求めよ。ただし、酢酸の電離定数は、 $2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ (25°C) とせよ。なお、必要に応じて、27 の平方根=5.2 を用いても良い。pH を算出する際には、表 1-1 および表 1-2 の常用対数表を用いなさい。
- (3) 強酸である塩酸の希薄溶液の濃度 $[\text{HCl}] = 1.0 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ の水溶液の水素イオン濃度を算出し pH を求めよ。pH を算出する際には、表 1-1 および表 1-2 の常用対数表を用いなさい。

表 1-1 常用対数表 (1)

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
4.1	.6128	.6138	.6149	.6160	.6170	.6180	.6191	.6201	.6212	.6222
4.2	.6232	.6243	.6253	.6263	.6274	.6284	.6294	.6304	.6314	.6325
4.3	.6335	.6345	.6355	.6365	.6375	.6385	.6395	.6405	.6415	.6425
4.4	.6435	.6444	.6454	.6464	.6474	.6484	.6493	.6503	.6513	.6522
4.5	.6532	.6542	.6551	.6561	.6571	.6580	.6590	.6599	.6609	.6618
4.6	.6628	.6637	.6646	.6656	.6665	.6675	.6684	.6693	.6702	.6712
4.7	.6721	.6730	.6739	.6749	.6758	.6767	.6776	.6785	.6794	.6803
4.8	.6812	.6821	.6830	.6839	.6848	.6857	.6866	.6875	.6884	.6893
4.9	.6902	.6911	.6920	.6928	.6937	.6946	.6955	.6964	.6972	.6981
5.0	.6990	.6998	.7007	.7016	.7024	.7033	.7042	.7050	.7059	.7067
5.1	.7076	.7084	.7093	.7101	.7110	.7118	.7126	.7135	.7143	.7152
5.2	.7160	.7168	.7177	.7185	.7193	.7202	.7210	.7218	.7226	.7235
5.3	.7243	.7251	.7259	.7267	.7275	.7284	.7292	.7300	.7308	.7316
5.4	.7324	.7332	.7340	.7348	.7356	.7364	.7372	.7380	.7388	.7396

常用対数とは、底が 10 の対数のことであり、対数表でその値を知ることができる。
 例えば、 $\log_{10}(1.56)$ を求める場合は、左端の欄の 1.5 と上の行の 6 を選択しその
 交点の 0.1931 がその値となる。

表 1-2 常用对数表 (2)

数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.5	.7404	.7412	.7419	.7427	.7435	.7443	.7451	.7459	.7466	.7474
5.6	.7482	.7490	.7497	.7505	.7513	.7520	.7528	.7536	.7543	.7551
5.7	.7559	.7566	.7574	.7582	.7589	.7597	.7604	.7612	.7619	.7627
5.8	.7634	.7642	.7649	.7657	.7664	.7672	.7679	.7686	.7694	.7701
5.9	.7709	.7716	.7723	.7731	.7738	.7745	.7752	.7760	.7767	.7774
6.0	.7782	.7789	.7796	.7803	.7810	.7818	.7825	.7832	.7839	.7846
6.1	.7853	.7860	.7868	.7875	.7882	.7889	.7896	.7903	.7910	.7917
6.2	.7924	.7931	.7938	.7945	.7952	.7959	.7966	.7973	.7980	.7987
6.3	.7993	.8000	.8007	.8014	.8021	.8028	.8035	.8041	.8048	.8055
6.4	.8062	.8069	.8075	.8082	.8089	.8096	.8102	.8109	.8116	.8122
6.5	.8129	.8136	.8142	.8149	.8156	.8162	.8169	.8176	.8182	.8189
6.6	.8195	.8202	.8209	.8215	.8222	.8228	.8235	.8241	.8248	.8254
6.7	.8261	.8267	.8274	.8280	.8287	.8293	.8299	.8306	.8312	.8319
6.8	.8325	.8331	.8338	.8344	.8351	.8357	.8363	.8370	.8376	.8382
6.9	.8388	.8395	.8401	.8407	.8414	.8420	.8426	.8432	.8439	.8445
7.0	.8451	.8457	.8463	.8470	.8476	.8482	.8488	.8494	.8500	.8506
7.1	.8513	.8519	.8525	.8531	.8537	.8543	.8549	.8555	.8561	.8567
7.2	.8573	.8579	.8585	.8591	.8597	.8603	.8609	.8615	.8621	.8627
7.3	.8633	.8639	.8645	.8651	.8657	.8663	.8669	.8675	.8681	.8686
7.4	.8692	.8698	.8704	.8710	.8716	.8722	.8727	.8733	.8739	.8745
7.5	.8751	.8756	.8762	.8768	.8774	.8779	.8785	.8791	.8797	.8802
7.6	.8808	.8814	.8820	.8825	.8831	.8837	.8842	.8848	.8854	.8859
7.7	.8865	.8871	.8876	.8882	.8887	.8893	.8899	.8904	.8910	.8915
7.8	.8921	.8927	.8932	.8938	.8943	.8949	.8954	.8960	.8965	.8971
7.9	.8976	.8982	.8987	.8993	.8998	.9004	.9009	.9015	.9020	.9025
8.0	.9031	.9036	.9042	.9047	.9053	.9058	.9063	.9069	.9074	.9079
8.1	.9085	.9090	.9096	.9101	.9106	.9112	.9117	.9122	.9128	.9133
8.2	.9138	.9143	.9149	.9154	.9159	.9165	.9170	.9175	.9180	.9186
8.3	.9191	.9196	.9201	.9206	.9212	.9217	.9222	.9227	.9232	.9238
8.4	.9243	.9248	.9253	.9258	.9263	.9269	.9274	.9279	.9284	.9289
8.5	.9294	.9299	.9304	.9309	.9315	.9320	.9325	.9330	.9335	.9340
8.6	.9345	.9350	.9355	.9360	.9365	.9370	.9375	.9380	.9385	.9390
8.7	.9395	.9400	.9405	.9410	.9415	.9420	.9425	.9430	.9435	.9440
8.8	.9445	.9450	.9455	.9460	.9465	.9469	.9474	.9479	.9484	.9489
8.9	.9494	.9499	.9504	.9509	.9513	.9518	.9523	.9528	.9533	.9538
9.0	.9542	.9547	.9552	.9557	.9562	.9566	.9571	.9576	.9581	.9586
9.1	.9590	.9595	.9600	.9605	.9609	.9614	.9619	.9624	.9628	.9633
9.2	.9638	.9643	.9647	.9652	.9657	.9661	.9666	.9671	.9675	.9680
9.3	.9685	.9689	.9694	.9699	.9703	.9708	.9713	.9717	.9722	.9727
9.4	.9731	.9736	.9741	.9745	.9750	.9754	.9759	.9763	.9768	.9773
9.5	.9777	.9782	.9786	.9791	.9795	.9800	.9805	.9809	.9814	.9818
9.6	.9823	.9827	.9832	.9836	.9841	.9845	.9850	.9854	.9859	.9863
9.7	.9868	.9872	.9877	.9881	.9886	.9890	.9894	.9899	.9903	.9908
9.8	.9912	.9917	.9921	.9926	.9930	.9934	.9939	.9943	.9948	.9952
9.9	.9956	.9961	.9965	.9969	.9974	.9978	.9983	.9987	.9991	.9996

Ⅲ（配点率 16%，医学部保健学科のみ配点率 32%）以下の文章を読んで以下の(1)～(4)の問いに答えよ。

社会生活に必要な動力や電気エネルギーおよび熱エネルギーは、主として化石燃料の燃焼反応によって生産されている。化石燃料を燃焼させるため、エネルギー生産に伴って多量の CO₂ が排出される。その排出量は化石燃料の種類によって異なる。下表に各種炭化水素の単位物質質量当たりの燃焼熱を示した。

表 1-3 各種炭化水素の燃焼熱

炭化水素	想定される化石資源	燃焼熱 (kJ/mol)
メタン (CH ₄)	天然ガス	888
オクタン (C ₈ H ₁₈)	石油	5501
ナフタレン (C ₁₀ H ₈)	石炭	5149

- (1) 各炭化水素の燃焼反応の化学反応式を記せ。
- (2) 解答欄の表に、各炭化水素の水素/炭素比 (H/C 比) および単位燃焼熱当たりの CO₂ 排出量 (g-CO₂/MJ) を求め記入せよ。なお、解答欄表中のエネルギーの単位である 1 MJ (メガジュール) は、1000 kJ に等しい。H/C 比および CO₂ 排出量については有効数字 3 桁で求めよ。
- (3) CO₂ の排出量を決める重要な因子について考察し、その理由も述べよ。
- (4) CO₂ 排出削減の観点から、化石資源を用いる場合どの資源を選択すべきか。

第2問

I (配点率 26 %, 医学部保健学科のみ配点率 52 %) 以下の(1)~(4)の問いに答えよ。ただし、数値解は、有効数字2桁で答えよ。

- (1) 図2-1のように、ある高さのビルの屋上から、小球を鉛直上向きに 19.6 m/s の速さで投げ上げたところ、5.0秒後に地面に到達した。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とし、次の①~④に答えよ。

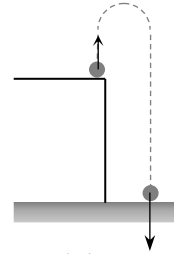


図2-1

- ① 小球を投げ上げてから最高点に達するまでの時間は何秒か答えよ。
- ② 屋上から最高点までの高さは何 m か答えよ。
- ③ 小球が地面に到達する直前の速さは何 m/s か答えよ。
- ④ 地面からビルの屋上までの高さは何 m か答えよ。

- (2) 図2-2のように、静止している観測者の前方に音を反射する壁がある。720 Hz の音を出している音源が、観測者と壁の間を、速さ 20 m/s で壁に向かって動いている。音速を 340 m/s とするとき、次の①~③に答えよ。



図2-2

- ① 音源から観測者に直接伝わる音の振動数は何 Hz か答えよ。
- ② 壁で反射して観測者に伝わる音の振動数は何 Hz か答えよ。
- ③ 観測者に直接伝わる音と壁に反射して伝わる音によるうなりは何 Hz か答えよ。

- (3) ニクロム線を用いた 100 V 用 800 W の電熱器を 100 V で使用するとき、次の①~③に答えよ。

- ① この電熱器のニクロム線の抵抗 R は何 Ω か答えよ。
- ② この電熱器を20分間使用するとき、発生する熱量 Q は何 J か答えよ。
- ③ この電熱器に流れる電流 I は何 A か答えよ。

- (4) 面積 S 、極板間距離 d の平行板コンデンサーが真空中にあり、真空の誘電率を ϵ_0 とする。これに、図2-3のように誘電率が ϵ の誘導体を、A: 右半分に幅が $\frac{1}{2}$ の誘導体、B: 下半分に厚さ $\frac{d}{2}$ の誘導体を挿入して固定した。次の①~②に答えよ。

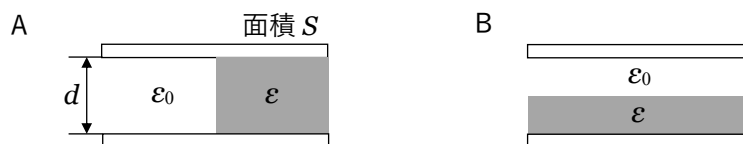


図2-3

- ① A, B それぞれの電気容量を答えよ。
- ② A のコンデンサーに電圧 V の電池で充電したときの静電エネルギーを答えよ。

II (配点率 16%, 医学部保健学科のみ配点率 32%) 図 2-4 のような、水平で段差のあるなめらかな水平面の床がある。段差と同じ厚さの質量 M の直方体の板が、荒い面が上になるように段に接する状態で床に置かれている。質量 m の小物体が上段の水平面の床の上を左から速さ v_0 で滑ってきて板の上面に乗り移り、板の上面を滑ってから板の上で静止した。小物体と床および板と床との間の摩擦は無視できるものとする。小物体と板の上面との間の動摩擦係数を μ' とし、重力加速度の大きさを g とし、次の(1)~(6)の問いに答えよ。

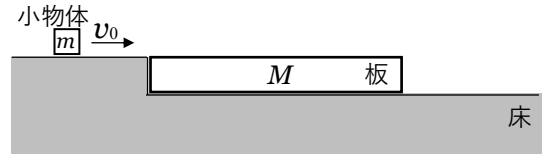


図 2-4

- (1) 小物体が板の上を滑っているとき、小物体の床に対する加速度の大きさと向きを答えよ。
- (2) 小物体が板の上を滑っているとき、板の床に対する加速度の大きさと向きを答えよ。
- (3) 小物体が板の上を滑り始めてから、板に対して静止するまでの時間を答えよ。
- (4) 小物体が板の上で静止したときの、小物体の床に対する速さを答えよ。
- (5) 小物体が板の上で静止するまでに、板が床の上を移動した距離を答えよ。
- (6) 小物体が板の上で静止するまでに、小物体が板の上を移動した距離を答えよ。

III (配点率 8%, 医学部保健学科のみ配点率 16%) 単原子分子からなる理想気体 $n \text{ mol}$ を, 円筒容器の中に閉じ込めて, 圧力 P と体積 V を図 2-5 のように $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の順に変化させた。状態 A における絶対温度を T_0 , 圧力を P_0 , 体積を V_0 , 気体定数を R として, 次の(1)~(4)の問いに答えよ。

- (1) この過程で, 気体が差し引きで外にした仕事の和 W を答えよ。
- (2) $A \rightarrow B$ の過程で, 気体が吸収した熱量を求めよ。
- (3) $B \rightarrow C$ の過程で, 気体が吸収した熱量を求めよ。
- (4) この過程を熱機関とみなし, 熱効率を有効数字 2 桁で求めよ。

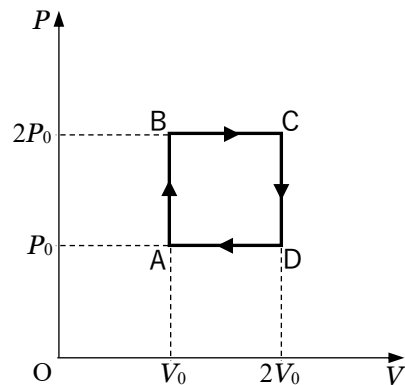


図 2-5

※ このページは、白紙です。

(第3問は、次の10ページからです。)

第3問

I (配点率 15%, 医学部保健学科のみ配点率 30%) 以下の(1)~(3)の問いに答えよ。

(1) 次の ATP に関する説明文中の (ア) ~ (ウ) に適する語句を答えよ。

生体内のエネルギー代謝では、ATP という化学物質がエネルギー通貨としての役割を果たしている。ATP は核酸を構成する塩基の 1 つである (ア) と糖の一種である (イ) が結合したアデノシンに 3 個のリン酸が直列に結合した化合物である。ATP 分子内のリン酸どうしの結合が切れると大量のエネルギーを放出するため、この結合は (ウ) と呼ばれている。生体内では、ATP が絶えず分解と結合を繰り返して使用され、生命活動を維持している。

(2) 腎臓に関する次の文章を読み、次の①~④の問いに答えよ。数値解は、割り切れない場合は小数点第 2 位以下を四捨五入し第 1 位まで求めよ。

腎臓は、血しょうから不要な物質を取り除いて排出する過程を通して、からだの水分量やナトリウムイオンなどの比較的小さな物質の濃度を調節している。腎臓の表面付近には、毛細血管が複雑にからまった (ア) と呼ばれる小球と、これを包み囲むような袋状の構造の (イ) があり、血管中の血しょうは (ア) から (イ) へろ過されて原尿となる。原尿中の必要な成分は、(イ) につながった (ウ) や集合管を通過するとき周囲の毛細血管内へ再吸収され、尿がつくられる。

① 文中の (ア) ~ (ウ) に適する語句を答えよ。

表 3-1

表 3-1 は、ある健康なヒトの血しょう、原尿、尿中のいくつかの成分を比較したものである。表中のイヌリンは、ヒトの体内では利用されない多糖類の一種で、腎小体でろ過されるが再吸収されずに尿中に排出される物質として、実験的に静脈中に注射により投与したものである。

	血しょう	原尿	尿
タンパク質 (mg/mL)	80	0	0
グルコース (mg/mL)	1	1	0
尿素 (mg/mL)	0.3	0.3	20
イヌリン (mg/mL)	0.1	0.1	12

② イヌリンの濃縮率 (血しょう中の濃度に対する尿中の濃度の割合) を求めよ。

③ 1 日にこし出された血しょうの量は何 L か答えよ。ただし、尿は 1 分間に 1 mL つくられるものとする。

④ 1 日に再吸収された尿素の量は、こし出された量の何%か答えよ。

(3) 図 3-1 は、ある動物の雄の体細胞に含まれる染色体の模式図である。また、図 3-2 は、この動物の配偶子形成の模式図である。この動物の雄の体細胞は常染色体 6 本と性染色体 1 本を持ち染色体構成が $2n=7$ 、雌の体細胞は常染色体 6 本と性染色体 2 本を持ち染色体構成が $2n=8$ であるとして、次の①~⑤の問いに答えよ。

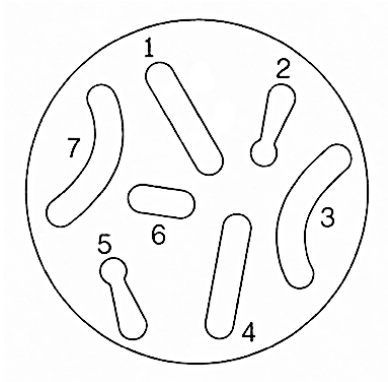


図 3-1

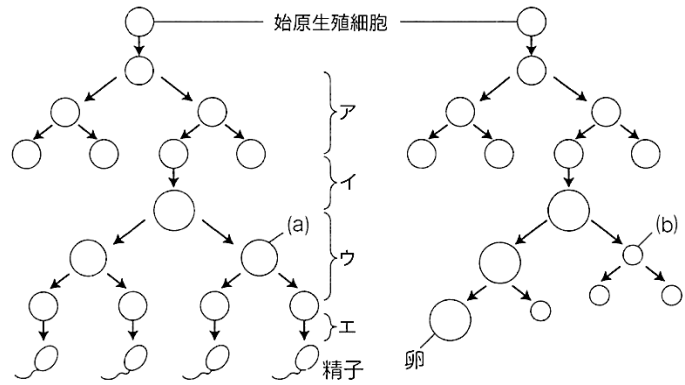


図 3-2

- ① 図 3-1 に示される染色体 1～7 のうち、性染色体の番号を答えよ。
- ② 図 3-2 において、減数分裂が見られるのは、ア～エのどの過程か。すべて選び答えよ。
- ③ 図 3-2 の (a), (b) の名称を答えよ。
- ④ 図 3-2 の卵の染色体構成を例のように答えよ (例： $2n=46$)。
- ⑤ この動物の雌の配偶子形成では、理論上、減数分裂により何通りの染色体の組み合わせができるか答えよ。ただし、染色体の乗り換えは起こらないものとする。

II (配点率 13%, 医学部保健学科のみ配点率 26%) 以下の(1)~(6)の問いに答えよ。

酵母菌は、酸素が利用できない条件では、主としてアルコール発酵によってエネルギーを獲得する。アルコール発酵ではグルコース 1 分子あたり (a) 分子の ATP が消費された後、脱水素反応を経て新たに (b) 分子の ATP が生成され、(c) 分子の (ア) ができる。(ア) は、(イ) 酵素のはたらきで (d) 分子の二酸化炭素を遊離してアセトアルデヒドになり、さらに NADH からの H^+ と e^- などによって (ウ) され、エタノールになる。

(1) 文中の (a) ~ (d) に適する数値を答えよ。

(2) 文中の (ア) ~ (ウ) に適する語句を答えよ。

酵母菌は酸素がある条件下では、呼吸とアルコール発酵の両方の反応を行うことが知られている。ある酵母菌にグルコースを与えて培養したところ、9.6 g の酸素が消費され、22 g の二酸化炭素が発生した。ただし、基質はグルコースのみで、原子量 $C=12$, $H=1.0$, $O=16$ とし、有効数字 2 桁で次の(3)~(6)の問いに答えよ。

(3) アルコール発酵により発生した二酸化炭素は何 g か答えよ。

(4) 呼吸で消費したグルコースは何 g か答えよ。

(5) アルコール発酵で消費したグルコースは何 g か答えよ。

(6) アルコール発酵により生じたエタノールは何 g か答えよ。

Ⅲ（配点率 12%，医学部保健学科のみ配点率 24%）生物は、遺伝情報を担う物質として DNA をもっている。DNA は、リン酸と糖と塩基からなるヌクレオチドが鎖状につながった構造をしている。現在では、①遺伝情報は DNA の塩基配列として保存されていることがわかっている。この DNA の塩基配列の一部が mRNA（伝令 RNA）に転写される。②この mRNA に含まれるコドンという連続した塩基 3 個の配列が、1 個のアミノ酸を指定しており、連続したコドンの配列に対応するアミノ酸が順番につながることで、DNA の遺伝情報にもとづいたタンパク質が合成される。

(1) 下線部①に関して、ある生物の DNA を構成する塩基の割合を調べると、グアニンとシトシンの合計が 52%であった。また、一方の鎖（H 鎖とする）を構成する塩基については、この H 鎖の全塩基数の 26%がアデニン、24%がグアニンであった。この H 鎖と対をなす鎖（L 鎖とする）の、アデニンおよびグアニンの L 鎖の全塩基数に対する割合は何%か答えよ。

(2) 下線部②に関して、mRNA のコドン（遺伝暗号）がどのアミノ酸を指定するかを調べるため、人工的に RNA を合成し、大腸菌をすりつぶしてリボソームや各種酵素、tRNA（転移 RNA）、アミノ酸、ATP などの入った人工的なタンパク質合成系に加え、合成されるタンパク質のアミノ酸配列を調べた。

AAC がくり返される RNA を人工的につくり、タンパク質を合成したところ、アスパラギンのみが結合したタンパク質とトレオニンのみが結合したタンパク質とグルタミンのみが結合したタンパク質の 3 種類が合成された。また、アデニンとシトシンがくり返される RNA（ACAC・・・）を人工的につくり、タンパク質を合成したところ、ヒスチジンとトレオニンが交互に結合したタンパク質が合成された。この 2 つの実験結果から、トレオニンの遺伝暗号は何だと推定されるか答えよ。ただし、この人工的なタンパク質合成系は、開始コドンがなくてもタンパク質が合成されるものとして考えよ。

(3) 次に別の実験として、アデニンとシトシンを 5:1 で含む RNA を人工的につくり、タンパク質を合成した。その結果合成されたタンパク質中で最も多いアミノ酸がリシンであった。リシンの割合を 100 としたとき、グルタミンやアスパラギンは 20 の割合で含まれていた。

リシンの遺伝暗号は何だと推定されるか答えよ。ただし、この人工 RNA 中に含まれるリシンを指定する遺伝暗号は 1 種類のみとする。また、グルタミンの遺伝暗号は何だと推定されるか。可能性のあるものを 3 つ答えよ。

(4) また、同じ実験で、CCA と CCC がいずれもプロリンを指定する遺伝暗号であったとすると、リシンの割合を 100 としたとき、プロリンはどのくらい存在するか答えよ。

IV (配点率 10%, 医学部保健学科のみ配点率 20%) 以下の(1)~(5)の問いに答えよ。

生態系を構成している生物は、大きく生産者と消費者に分けられる。生産者は、無機物から有機物を合成する独立栄養生物で、光合成を行う植物などであり、消費者は、有機物を取り込んで栄養源にする従属栄養生物で、動物や多くの菌類・細菌類などである。

ある時点で、一定面積内に存在する生物体の量を現存量といい、一定面積内の生産者が一定期間内に光合成によって生産する有機物量を総生産量という。生産者は光合成によって有機物を合成するとともに、呼吸によって有機物を消費(呼吸量)し、生きるために必要なエネルギーを得ている。この呼吸量を総生産量から差し引いた残りが純生産量となる。

生産者である植物は、一定期間のうちに、植物体の一部が枯れ落ちたり(枯死量)、消費者に食べられたり(被食量)して失われる。したがって、これらを純生産量から差し引いたものが、生産者である植物の成長量となる。

消費者である動物等は、外部の有機物を摂取する(摂食量)が、その一部は、不消化のまま体外に排出される(不消化排出量)。したがって、不消化排出量を摂食量から差し引いた残りが、消費者の同化量となる。

消費者も生産者と同様に生きるために必要なエネルギーを得るために有機物を呼吸により消費(呼吸量)している。また、消費者の個体の集まりでは、一部の個体は、より高次の消費者に捕食されたり(被食量)、病気などで死亡したり(死滅量)するため、これらを同化量から差し引いたものが、消費者の成長量となる。

IVa ある生態系において、生産者の最初の現存量が 40 kg/m^2 、1年後の現存量が 42 kg/m^2 、1年間の呼吸量が 4.5 kg/m^2 、枯死量が 1.2 kg/m^2 、被食量が 0.50 kg/m^2 であった。また、ある消費者の現存量が 2.0 kg/m^2 、1年間の摂食量が 0.50 kg/m^2 、同化量が 0.30 kg/m^2 、呼吸量が 0.10 kg/m^2 、死滅量が 0.020 kg/m^2 、被食量が 0.030 kg/m^2 であるとき、次の(1)、(2)の問いに有効数字2桁で答えよ。

(1) この生態系における生産者の1年間の純生産量は何 kg/m^2 か答えよ。

(2) この生態系におけるある消費者の1年間の成長量は何 kg/m^2 か答えよ。

IVb 生態系には、細菌から動物や植物まで、さまざまな生物種の個体群が含まれている。このような、ある生態系における種の多様さを種多様性という。一般に種多様性は、その生態系に含まれる生物種の豊富さとそれらが相対的に占める割合(優先度)で評価され、多様度指数として次の式で計算され、生態系における種多様性の指標の1つとして用いられる。

$$\text{多様度指数} = 1 - (\text{各種の優先度の2乗の和}), \quad \text{各種の優先度} = \frac{\text{各種の個体数}}{\text{すべての種の個体数の和}}$$

表3-2は、ある農業用ため池に生息する生物のすべての種の個体数を示したものである。この農業用ため

表 3-2

種	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
個体数	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

池の多用度指数は、次のような計算式で求められる。多用度指数が大きいほど種多様性に富むものとして、次の(3)～(5)の問いに答えよ。ただし、数値解は、割り切れないときは小数第4位を四捨五入し、小数第3位まで求めよ。

$$\text{多様度指数} = 1 - (0.1^2 + 0.1^2 + 0.1^2 + 0.1^2 + 0.1^2 + 0.1^2 + 0.1^2 + 0.1^2 + 0.1^2 + 0.1^2) = 0.9$$

- (3) ため池周辺の都市化が進み、生活排水等の流入により水質が悪化し、生息する生物のうち、種Iと種Jは絶滅し、その他の種A～Hはそれぞれ個体数が半減していたとする。このときの多様度指数を答えよ。
- (4) その後、この池に人の手により種Kがもち込まれた。一定年数経過後に調査したところ、種Aと種Bは、それぞれ100個体、種Kは200個体の生息が確認されたが、それ以外の種C～Hは絶滅していたとする。このときの多様度指数を答えよ。
- (5) 多様度指数が最小となるのは、どのような条件のときか簡潔に説明せよ。ただし、生物がすべて絶滅することはないものとする。

※ このページは、白紙です。

※ このページは、白紙です。

