

問題は次ページ

から始まります。

理科総合 A

第1問 宇宙空間に人や荷物を運ぶ手段として、宇宙エレベーターを建造する構想がある。宇宙エレベーターでは、宇宙空間と地上を結んだケーブルを、クライマーという乗り物が昇降する。クライマーが昇降するようすを調べるため、図1のような装置で、一連の実験を室内で行った。実験では、ヘリウム入り気球から垂らしたテープをケーブルに見立て、模型のクライマー(以下、簡単に「クライマー」という)を昇降させた。クライマーは、テープをはさんだ車輪をモーターで回転させることで、テープに沿って昇降する。モーターは、遠隔装置で操作し、クライマーに搭載した電池で駆動する。テープは質量があり、伸び縮みしない。下の問い(問1～6)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕(配点 24)

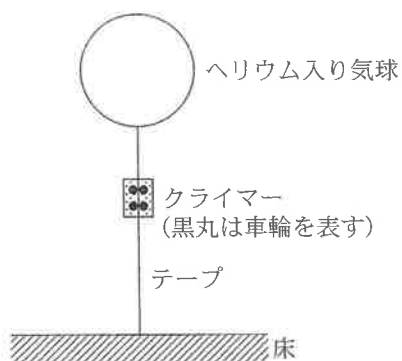


図 1

- 問 1 テープの端を床に固定し、気球にヘリウムを注入したところ、気球は浮き上がり、テープはピンと張った。このときの力のようすを描いた図 2 に関する記述として正しいものを、下の①～④のうちから一つ選べ。 1

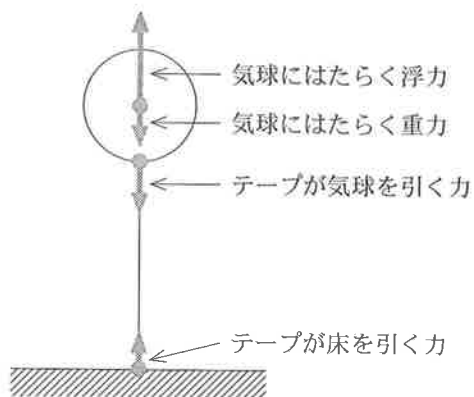


図 2

- ① テープが気球を引く力は、気球にはたらく重力の反作用である。
 ② テープが気球を引く力は、テープが床を引く力の反作用である。
 ③ テープが気球を引く力は、気球にはたらく浮力とつり合っている。
 ④ テープが気球を引く力は、気球にはたらく重力と気球にはたらく浮力の合力とつり合っている。

理科総合 A

問 2 まず、クライマーを付けずに、気球のふるまいを調べた。図 3(b)のように、テープがたるまず、しかも、テープが床を引く力がゼロになるよう、テープにおもりを付けて調節した。おもりの質量として正しいものを、下の①～④のうちから一つ選べ。ただし、重力加速度を g 、おもりを付ける前の状態(図 3(a))で、テープが床を引く力を F 、気球にはたらく浮力を f とする。 2

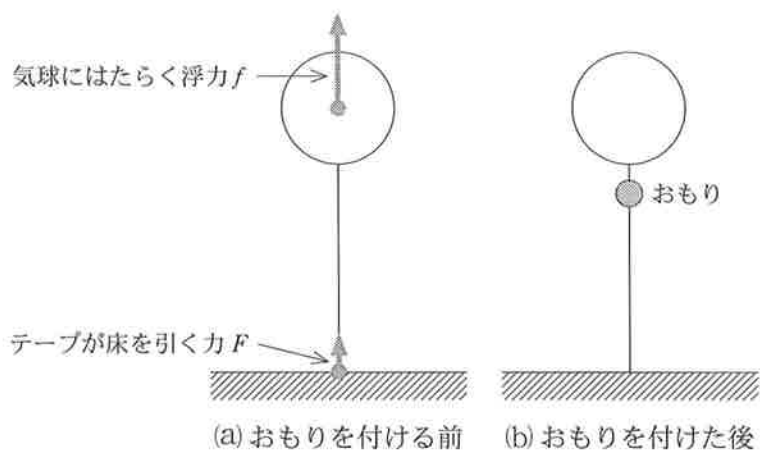


図 3

① $\frac{f}{g}$

② $\frac{F}{g}$

③ $\frac{F+f}{g}$

④ $\frac{F-f}{g}$

- 問 3 テープにクライマーを取り付けたところ、図4(a)のように、クライマーより下のテープがたるんでクライマーは床に付き、その分だけ気球は下がった。そこで、図4(b)のように、クライマーを取り付けた状態でもテープがたるまず、テープが床を引く力がゼロになるよう、おもりの質量を再調節した。その上で、遠隔操作によってモーターを回転させたところ、クライマーはテープを上昇し、気球は下がった。気球が下がった理由に関する記述として正しいものを、下の①～④のうちから一つ選べ。 3

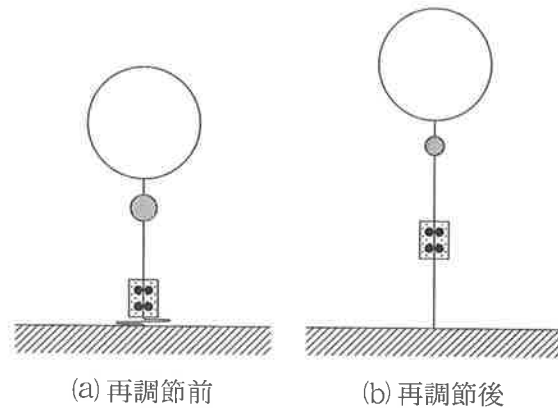


図 4

- ① テープはクライマーから上向きの力を受けるが、その反作用によって気球が下がった。
- ② テープはクライマーから上向きの力を受けるが、クライマーにはたらく重力によって気球が下がった。
- ③ テープはクライマーから下向きの力を受け、その力が気球を引くことによって気球が下がった。
- ④ テープはクライマーから下向きの力を受け、床がテープを引く力によって気球が下がった。

理科総合 A

問 4 次に、クライマーのふるまいを調べた。気球にヘリウムを追加して浮力を増し、クライマーが昇降してもテープがたるむことのないようにした。その状態で、クライマーのエネルギー効率を調べるため、クライマーを一定の速さで上昇させた。クライマーがテープを上昇しているとき、モーターや車輪、テープは発熱していた。このときの仕事とエネルギーに関する次の文章中の空欄 に入る語句として最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。

クライマーが一定の速さで上昇したことから、クライマーには重力と同じ大きさの上向きの力がはたらいていたことがわかる。その力がした仕事は、 と等しい。一方、モーターや車輪、テープが発熱していたことから、そのほかに、エネルギー損失もあったことがわかる。

- ① 電池の化学エネルギーの減少量
- ② モーターの発熱量
- ③ クライマーの位置エネルギーの増加量
- ④ 車輪の発熱量とテープの発熱量の和

問 5 質量が 10 kg で、モーターの出力が 500 W のクライマーに荷物を載せ、10 m の高さを 5.0 s 間で上昇させたい。このクライマーが持ち上げることのできる荷物の質量の最大値は、エネルギー損失がないと仮定して見積もることができる。その最大値として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、重力加速度を 10 m/s^2 とする。 kg

- ① 5.0
- ② 15
- ③ 25
- ④ 35
- ⑤ 45

問 6 クライマーの車輪とテープの間にはたらく全摩擦力を大きくするには、どのようにすればよいか。次の文 I・II について、その正誤の組合せとして正しいものを、下の①～④のうちから一つ選べ。 6

- I 車輪とテープが接触する面積を一定にしたまま、車輪がテープをはさむ力を大きくする。
- II それぞれの車輪がテープをはさむ力を一定にしたまま、テープをはさむ車輪の数を増やす。

	I	II
①	正	正
②	正	誤
③	誤	正
④	誤	誤

理科総合 A

第 2 問 酸素は、さまざまな物質の成分元素として、暮らしや産業、生命活動を支えている。酸素に関する次の文章(A・B)を読み、下の問い(問 1～7)に答えよ。

[解答番号 ~] (配点 28)

A (a)元素の性質は、主に原子がもつ電子の数で決まり、電子の数は(b)周期表からわかる。電子のはたらきによって原子どうしが結合すると、化合物ができる。酸素は(c)多くの元素と化合物をつくる。

問 1 下線部(a)に関連し、元素と単体の区別を考えよう。次の文 I～III の中で使われている「酸素」は、元素と単体のどちらをさすか。その組合せとして最も適当なものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。

I 水は水素と酸素からなる。

II 酸素には、質量数 16, 17, 18 の同位体がある。

III 圧力が 1013 hPa (1 気圧) のとき、酸素の沸点は $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$ となる。

	I	II	III
①	元 素	元 素	元 素
②	元 素	元 素	単 体
③	元 素	単 体	元 素
④	元 素	単 体	単 体
⑤	単 体	元 素	元 素
⑥	単 体	元 素	単 体
⑦	単 体	単 体	元 素
⑧	単 体	単 体	単 体

問 2 下線部(b)に関連し、電子の数と周期表の関係を考えよう。次の文章中の空欄 **ア** ~ **ウ** に入る数値と語句の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑧のうちから一つ選べ。 **2**

酸素とネオンは周期表の第2周期に属し、K殻に2個の電子がある。L殻には、酸素では **ア** 個、ネオンでは8個の電子がある。ネオン原子はそのまま安定だが、酸素原子は、酸化物のイオン結晶中で **イ** 個の電子を **ウ** 状態になることが多い。

	ア	イ	ウ
①	6	1	受けとった
②	6	1	失った
③	6	2	受けとった
④	6	2	失った
⑤	7	1	受けとった
⑥	7	1	失った
⑦	7	2	受けとった
⑧	7	2	失った

問 3 下線部(c)に関連し、酸化物の化学式に注目すれば、原子の相対質量が求められる。次の文章中の **エ** に入る数値として最も適当なものを、下の①~⑥のうちから一つ選べ。 **3**

5.80 g の酸化銀 Ag_2O を加熱して分解したところ、5.40 g の銀が得られた。この結果から、銀原子1個の質量は、酸素原子1個の約 **エ** 倍だとわかる。

- ① 1.1 ② 2.1 ③ 6.8 ④ 14 ⑤ 27 ⑥ 54

理科総合 A

B 身近な物質や材料には酸素に関係するものが多く、酸素が大きな役割をする現象も多い。ゆみと太郎は、暮らしや自然界と酸素の関係を調べてきた。

ゆみ：気体の酸素は目に見えないけど、呼吸のほか、(d) 身のまわりのいろいろなことに関係しているね。

太郎：台所で使うガスも、(e) 酸素と反応して熱を出すね。

ゆみ：酸素は気体だけじゃなくて、身のまわりの材料で(f) 酸素を含むものも多いよ。

太郎：うん。金属鉱石も酸素を含む化合物が多くて、酸素を取り除くと(g) 金属になって、スプーンや窓枠などの材料に使われるね。

問 4 下線部(d)に関連する現象の説明として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

4

- ① ソーダ水の缶を開けると、主に酸素の泡が出てくる。
- ② 使い捨てカイロ(化学カイロ)の中では、金属の粉末が酸素と化学反応する。
- ③ カルメ焼きやホットケーキは、ベーキングパウダーが分解して出る酸素の作用でふくらむ。
- ④ 燃料電池が放電すると、電池の中で酸素が生じる。

理科総合 A

問 5 都市ガスを純粋なメタンとみなし、下線部(e)の反応を考えよう。メタンの完全燃焼では、メタン 16 g が酸素 64 g と反応し、890 kJ の熱が出る。1 か月の消費熱量が 890 MJ (1 MJ = 1000 kJ) のとき、消費された酸素は室温で何 m^3 か。最も近いものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、酸素 32 g は室温で約 25 L を占める。 m^3

- ① 25 ② 50 ③ 100 ④ 250 ⑤ 500

問 6 下線部(f)に関連して、成分として酸素を含まないものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① ガラス ② 紙 ③ 木材
④ コンクリート ⑤ ポリエチレン

問 7 下線部(g)に関連する記述として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 金属のさびは通常、金属が酸素と反応してできる。
② ステンレスは、鉄を含まないため、酸素と反応しにくい。
③ アルミニウムの鉱石中で、アルミニウムと酸素は結合していない。
④ 青銅は、銅と酸素を主成分としている。

理科総合 A

第 3 問 次の会話文を読み、下の問い(問 1 ~ 4)に答えよ。

[解答番号 ~] (配点 24)

リカ：今の家庭でのエネルギー消費量は、50 年前と比べて 2 倍以上になっているそうよ。(a)そのエネルギー源の内訳も大きく変わったみたいね。

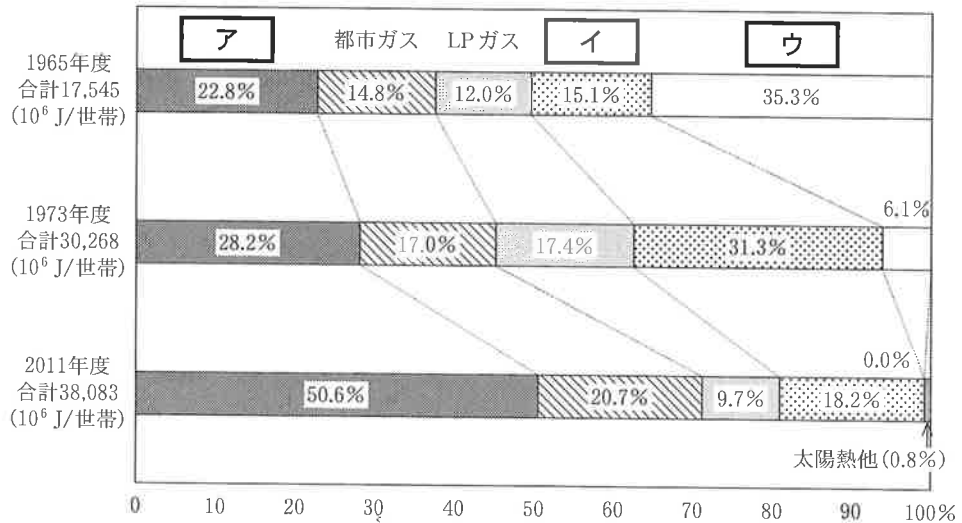
ミノル：僕たちの生活に関わる発電にはさまざまな方法があるけれど、それぞれ利点と欠点があるよね。

リカ：(b)風力発電にはどのような特徴があるのかしら。例えば日本国内の風力発電設備数はこの 10 年間で 3 倍以上に増えているそうよ。

タカシ：そうなんだ。ところで、エネルギーって、目に見えないから実感しづらいね。

ミノル：僕が持っている噴水のおもちゃを改造して、(c)エネルギー消費量が目に見えるような装置をつくってみよう。

問 1 下線部(a)について調べるうちに、リカは、我が国の家庭のエネルギー消費におけるエネルギー源の推移について、図 1 のような資料を見つけた。図中のエネルギー源に関する空欄 ~ に入る語句の組合せとして正しいものを、下の①~⑥のうちから一つ選べ。



出典：資源エネルギー庁「エネルギー白書 2013」

図1 我が国の家庭におけるエネルギー源の推移

	ア	イ	ウ
①	電気	石炭	灯油
②	電気	灯油	石炭
③	灯油	石炭	電気
④	灯油	電気	石炭
⑤	石炭	灯油	電気
⑥	石炭	電気	灯油

問2 下線部(b)について、風力発電に関する説明として最も適当なものを、次の

①～⑤のうちから一つ選べ。 2

- ① 騒音の発生が少なく、周辺の住環境に影響しにくい。
- ② 電力の需要の変化に合わせて発電量を調節しやすい。
- ③ 地域や季節の違いによる影響を受けにくい。
- ④ 太陽光のエネルギーを間接的に利用している。
- ⑤ 長い年月をかけて蓄えられたエネルギー源を利用している。

理科総合 A

問 3 下線部(c)に関連して、ミノルがつくった噴水装置の模式図を図 2 に示す。この装置では、モーターに電流を流すとプロペラが回転し、水槽の水が吹き上がる。吹き上がった水はビーカーに集められ、その水量を測定できる。ただし、噴水装置と受け皿は水槽の水に浮かんでおり、水槽は十分に大きいものとする。下の問い(a～c)に答えよ。

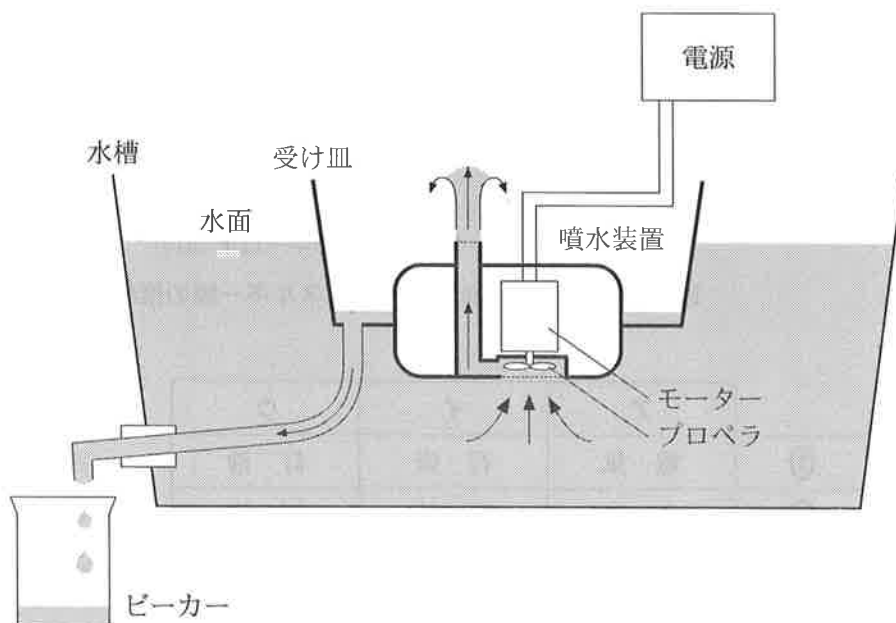
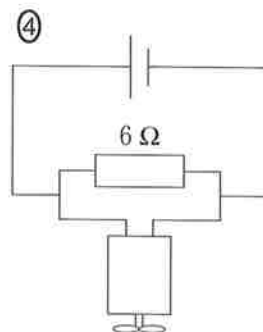
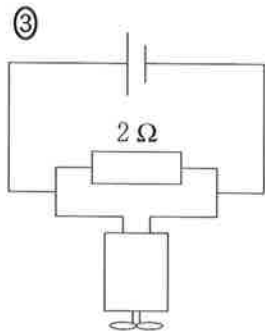
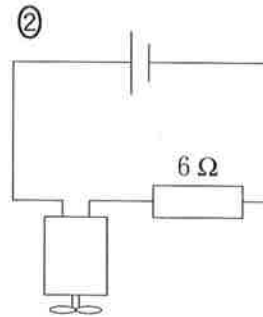
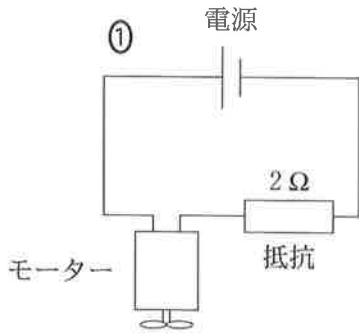


図 2

a 図 2 の噴水装置において、電圧 6.0 V 、電流 0.50 A で 1.0 分間モーターを回したときに消費される電力量として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 J

- ① 3.0 ② 18 ③ 1.8×10^2 ④ 1.1×10^3

- b 図2の噴水装置で水を吹き上げらせ続けたところ、モーターが熱をもち始めたので、回路内に抵抗を入れ、モーターに流れる電流を小さくしようと考えた。モーターに流れる電流が最も小さくなる回路図を、次の①～④のうちから一つ選べ。 4



理科総合 A

- c 噴水装置の水が安定して吹き上がる条件で、モーターが消費した電力量と、ビーカーに集まった水の量とを調べたところ、図3のような関係になった。この図から、電力量50Jの目安となる水の量は何 mL と考えられるか。最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 5 mL

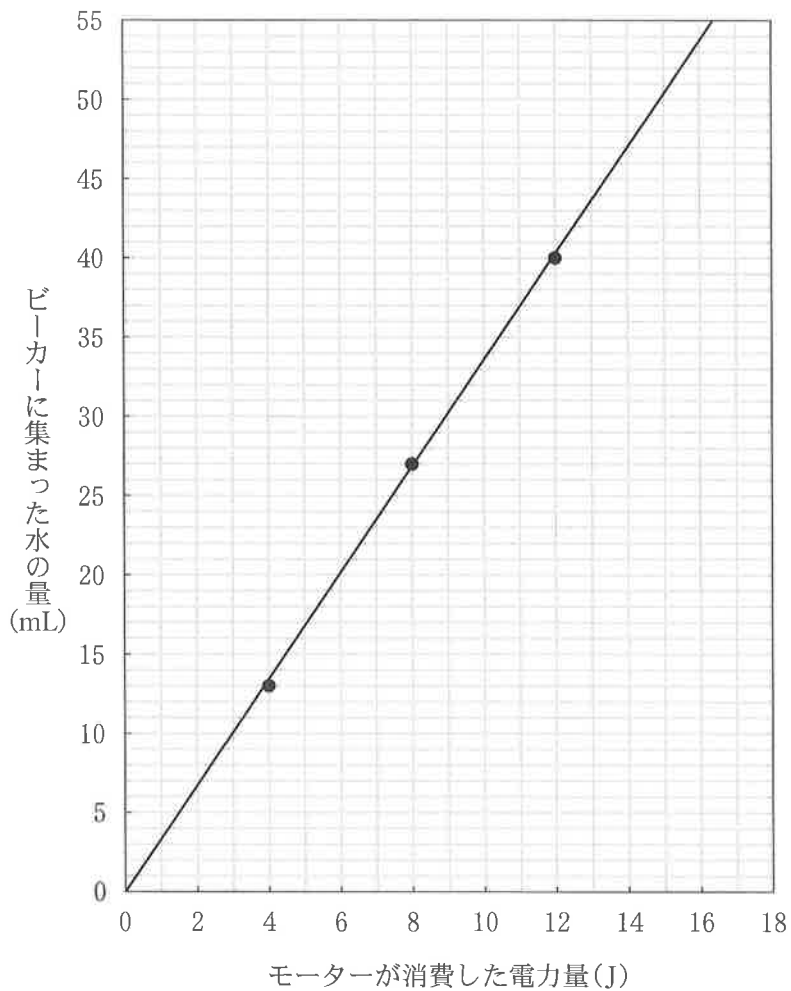


図 3

- ① 15 ② 34 ③ 40 ④ 50 ⑤ 170 ⑥ 340

問 4 省エネルギーを進めるためには、エネルギーの発生量や消費量を正しく測定する必要がある。次の文章Ⅰ～Ⅲはそのための測定方法について述べたものだが、Ⅰでは「測定装置」、Ⅱでは「測定データ」、Ⅲでは「物質の情報」についての記述が足りない。それぞれに足りないものの組合せとして最も適当なものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。 6

- Ⅰ 抵抗と電源と電流計を直列につないだ回路に電流を流し、抵抗で消費されるエネルギーを測定する。抵抗の値はわかっている。
- Ⅱ 摩擦が無視できる定滑車を使って、おもりを鉛直上向きに移動させ、その移動に必要なエネルギーの大きさを見積もる。おもりにはたらく重力はわかっている。
- Ⅲ ある炭化水素の燃焼によって発生する熱を調べるために、水の入った断熱容器中に温度計を取り付け、その中に置いた密閉容器中で、炭化水素と十分な量の酸素を反応させ、水温の変化を測定する。水と炭化水素の質量、容器と温度計の熱容量はわかっている。

	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
①	電圧計	移動前後の物体の高さの差	水の比熱
②	電圧計	移動前後の物体の高さの差	炭化水素の化学式
③	電圧計	移動するときの物体の速さ	水の比熱
④	電圧計	移動するときの物体の速さ	炭化水素の化学式
⑤	ストップウォッチ	移動前後の物体の高さの差	水の比熱
⑥	ストップウォッチ	移動前後の物体の高さの差	炭化水素の化学式
⑦	ストップウォッチ	移動するときの物体の速さ	水の比熱
⑧	ストップウォッチ	移動するときの物体の速さ	炭化水素の化学式

理科総合 A

第 4 問 医療用の科学技術に関する次の問い(問 1 ~ 6)に答えよ。

[解答番号 ~] (配点 24)

問 1 心臓の手術をするときは、心臓と肺の機能を代行する人工心肺装置を用いる。そのうち人工肺は、血液に酸素を供給し、血液から二酸化炭素を取り除く。このとき二酸化炭素が十分に除かれないと、血液中の二酸化炭素濃度が高くなり、pHが変化してしまう。この現象を説明する次の文章中の空欄 ・ に入るものの組合せとして正しいものを、下の①~④のうちから一つ選べ。

二酸化炭素は血液に溶け、一部が次のように電離する。



ここで生じた のため、血液の pH が なる。

	ア	イ
①	H ⁺	高 <
②	H ⁺	低 <
③	HCO ₃ ⁻	高 <
④	HCO ₃ ⁻	低 <

問 2 ポリプロピレンは、水より密度が小さく、水をはじく性質があり、一方で油を吸着しやすい素材である。無数の微小な穴を空けたポリプロピレンは、酸素や二酸化炭素などの気体分子をよく通すが、血液は通さないのに、人工肺の素材として用いられる。ポリプロピレンに関する記述として適当でないものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① プロピレン分子が数多く結合してできた物質である。
- ② ガスバーナーで加熱しても変形しにくい。
- ③ 水をはじいて通さないが、水蒸気を通す素材として利用できる。
- ④ 水中でも繊維中に空気を保持する断熱性の高い素材として利用できる。
- ⑤ 原油の流出事故のときに海面上で油を回収する素材として利用できる。

理科総合 A

問 3 腎臓の機能を失った患者は、血液にたまった老廃物を除く血液透析装置(人工腎臓)で治療する。血液透析では、図 1 のように、穴の空いた膜(透析膜)をはさんで、患者から取り出した血液と、さまざまなイオンの濃度が調節された溶液(透析液)とを接触させる。

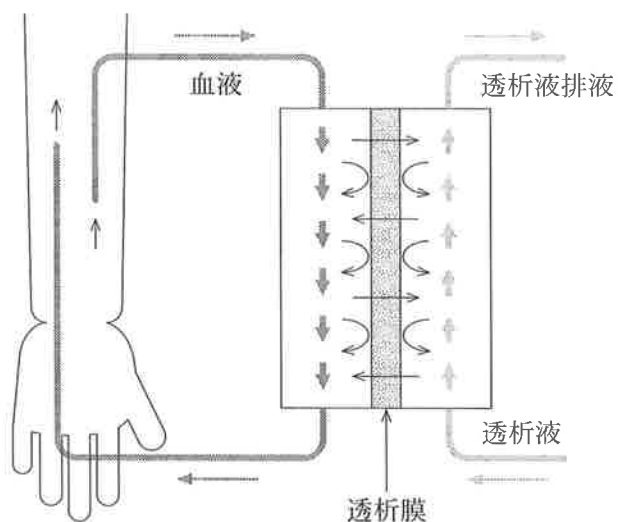


図 1

このとき、血液に含まれる赤血球やアルブミン(血しょう中のタンパク質)などの有用成分は血液に残し、尿素などの老廃物は透析膜に空いた穴から透析液側に移動させて血液から除く。また、カリウムイオンやカルシウムイオンなどは、透析液と血液の間を行き来させる。このような分離を可能にする膜の穴の大きさに必要な条件として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

3

- ① 赤血球より大きい。
- ② 尿素より大きい。
- ③ 水分子より小さい。
- ④ アルブミンより大きい。
- ⑤ カリウムイオンより小さい。

問 4 血液透析で血液から除かれる尿素の量を計算しよう。血液から除かれた尿素の全量が、透析液の排液に含まれると考えれば、貯めた排液中の尿素の濃度を測定し、その値を使って計算できる。

透析液の流量を毎分 0.50 L にして 4.0 時間の透析をしたとき、貯めた排液中の尿素の濃度は、0.10 g/L だった。このとき血液から除かれた尿素は何 g か。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 g

- ① 0.20 ② 0.30 ③ 1.2 ④ 3.0 ⑤ 12

理科総合 A

問 5 肺や腎臓の機能を代用する人工肺や人工腎臓では、分離の技術を活用している。さまざまな分離・精製の技術は、どれも物質の性質の違いを利用する。次の A～D に示す分離・精製の例が利用する性質の正誤の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 5

	分離・精製の例	利用する性質
A	赤ワインを加熱して出てくる蒸気を冷やしてアルコールを得る。	凝固点の違い
B	コーヒー豆の粉末に湯を注ぎ、コーヒー豆の中から湯に溶ける成分を得る。	溶媒への溶けやすさの違い
C	水溶性黒インクをろ紙に付け、ろ紙の一端から展開液(水など)をしみ込ませて、黒インクに含まれる色素を分ける。	展開液に運ばれる速さの違い
D	塩化ナトリウムを不純物として含む硝酸カリウムを温水に溶かした後、それを冷やして純度の高い硝酸カリウムの結晶を得る。	融点の違い

	A	B	C	D
①	正	正	誤	誤
②	正	誤	誤	正
③	正	誤	正	誤
④	誤	誤	正	正
⑤	誤	正	正	誤
⑥	誤	正	誤	正

問 6 人工骨や人工関節，人工歯のような医用材料には，セラミックスや金属が使われている。セラミックスや金属の性質と用途に関する記述について，下線部が適当でないものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。 6

- ① セラミックスには，骨組織によくなじむものがあるため，人工骨と骨との接着部分にセラミックスが使われる。
- ② セラミックスは，腐食しにくいため，骨の欠損部を埋める材料に使われる。
- ③ 金属には，強くて衝撃に耐えるものがあるため，人工股関節^{こかんせつ}では，大きな荷重がかかる部分に金属が使われる。
- ④ セラミックスは，延性をもち加工しやすいため，歯科材料に使われる。
- ⑤ 金属には，酸などとほとんど反応せず溶けにくいものがあるため，そうした金属が医用材料として使われる。

