

## 高等学校 理科（物理）

### 解答についての注意点

- 1 解答用紙は、マーク式解答用紙と記述式解答用紙の2種類があります。
- 2 大問 **1**～大問 **4** については、マーク式解答用紙に、大問 **5** については、記述式解答用紙に記入してください。
- 3 解答用紙が配付されたら、まずマーク式解答用紙に受験番号等を記入し、受験番号に対応する数字を、鉛筆で黒くぬりつぶしてください。  
記述式解答用紙は、全ての用紙の上部に受験番号のみを記入してください。
- 4 大問 **1**～大問 **4** の解答は、選択肢のうちから、**問題で指示された解答番号**の欄にある数字のうち一つを黒くぬりつぶしてください。  
例えば、「解答番号は  」と表示のある問題に対して、「**3**」と解答する場合は、解答番号  の欄に並んでいる ① ② ③ ④ ⑤ の中の ③ を黒くぬりつぶしてください。
- 5 間違ってぬりつぶしたときは、消しゴムできれいに消してください。二つ以上ぬりつぶされている場合は、その解答は無効となります。
- 6 その他、係員が注意したことをよく守ってください。

指示があるまで中をあけてはいけません。

1 次の(1)～(5)の問いに答えよ。

(1) マグネシウムの粉末をステンレス皿に入れ、空気中で燃やす実験を行った。この実験の反応で、マグネシウムは酸素と化合して酸化マグネシウムになった。下の表は、マグネシウムと、マグネシウムが全て酸素と化合したときの酸化マグネシウムの質量をまとめたものである。次の問いに答えよ。

マグネシウムの粉末の質量〔g〕	0.3	0.6	0.9	1.2
酸化マグネシウムの質量〔g〕	0.5	1.0	1.5	2.0

ア マグネシウムが酸素と化合して酸化マグネシウムになるとき、酸素と化合するマグネシウムの質量は化合する酸素の質量の何倍か。最も近いものを、1～5から一つ選べ。

解答番号は

1 0.4倍            2 0.6倍            3 1.2倍            4 1.5倍            5 2.5倍

イ マグネシウム0.9gを燃やしたところ、マグネシウムが少し燃え残った。このとき、燃えてできた酸化マグネシウムと燃え残ったマグネシウムの質量の合計は1.3gであった。燃え残ったマグネシウムは何gか。最も近いものを、1～5から一つ選べ。解答番号は

1 0.1g            2 0.3g            3 0.6g            4 0.9g            5 1.2g

(2) 下の表は、水100 gに対する硫酸ナトリウムの溶解度をまとめたものである。硫酸ナトリウムの飽和水溶液は、32℃以下では、過剰な溶質は十水和物 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 、式量322) の結晶として析出し、これ以上の温度では、過剰な溶質は無水物 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、式量142) の結晶として析出するものとして、次の問いに答えよ。ただし、蒸発により水は失われないものとする。

温度 [℃]	0	20	40	60	80	100
溶解度	4.5	19	48	45	43	42

ア 40℃の硫酸ナトリウムの飽和水溶液100 gをつくった。この飽和水溶液を80℃に加熱したとき、何gの結晶が析出するか。最も近いものを、1～5から一つ選べ。解答番号は

1 2.6 g      2 3.1 g      3 3.4 g      4 5.0 g      5 12 g

イ 硫酸ナトリウム十水和物92 gを全て溶かして20℃の飽和水溶液をつくるには、何gの水が必要か。最も近いものを、1～5から一つ選べ。解答番号は

1 162 g      2 203 g      3 265 g      4 345 g      5 484 g

(3) 次の中和滴定の実験についての文章を読み、次の問いに答えよ。

① を用いて食酢10.0 mLをはかりとり、100 mLの ② に移して、純粋な水で正確に10倍に薄めた。この水溶液10.0 mLを再び ① ではかりとり、三角フラスコに入れた。これにフェノールフタレイン溶液を数滴加え、 ③ を用いて0.100 mol/L水酸化ナトリウム水溶液を滴下したところ、中和点になるまでに7.80 mLを要した。

ア 文章中の ① ~ ③ に入る実験器具として、最も適切な組合せはどれか。1~5から一つ選べ。解答番号は 5

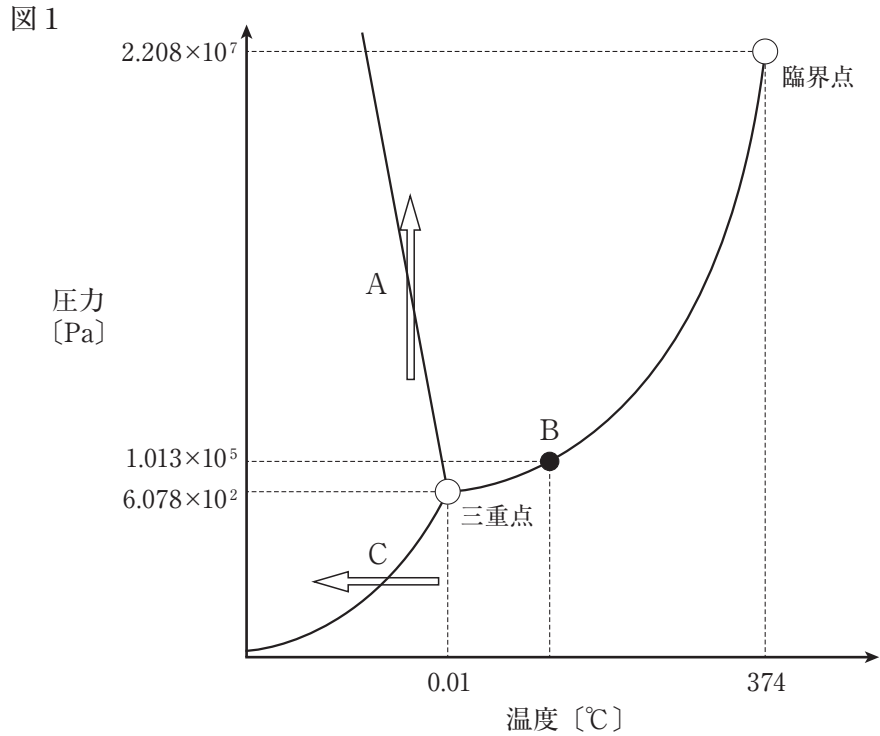
	①	②	③
1	ホールピペット	メスフラスコ	ビュレット
2	ホールピペット	ビュレット	メスフラスコ
3	メスフラスコ	ホールピペット	ビュレット
4	ビュレット	メスフラスコ	ホールピペット
5	ビュレット	ホールピペット	メスフラスコ

イ 純粋な水で薄める前の食酢中の酢酸の濃度は何 mol/Lか。最も近いものを、1~5から一つ選べ。ただし、食酢中の酸は全て酢酸とする。解答番号は 6

1	0.240 mol/L	2	0.390 mol/L	3	0.680 mol/L
4	0.780 mol/L	5	3.90 mol/L		

(4) 水の状態変化について、次の問いに答えよ。

ア 下の図1は水の状態図であり、3本の曲線で分けられた領域では、水が固体・液体・気体のいずれかの状態で存在している。温度 $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ で圧力 $6.078\times 10^2\text{ Pa}$ の点は固体・液体・気体が共存する三重点であり、温度 $374\text{ }^{\circ}\text{C}$ で圧力 $2.208\times 10^7\text{ Pa}$ の点は臨界点である。



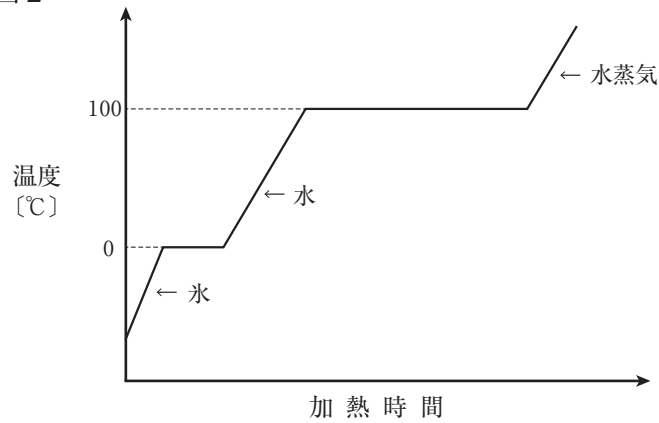
図中のA～Cについて述べた次の①～③の文章について、正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① スケート靴の刃先で氷の表面に大きな圧力がかかり、氷が部分的に融ける現象は、Aの矢印で表される変化である。
- ② 大気圧が $1.013\times 10^5\text{ Pa}$ のとき、点Bの温度において、水は沸騰する。
- ③ 氷水を入れた金属製のコップの表面に水滴がつく現象は、Cの矢印で表される変化である。

	①	②	③
1	正	正	正
2	正	正	誤
3	正	誤	正
4	誤	誤	正
5	誤	正	誤

イ 大気圧が $1.013 \times 10^5$  Paのもとで水 ( $\text{H}_2\text{O}$ 、分子量18) を加熱していくと、図2に示すように温度が変化していき、 $0^\circ\text{C}$ と $100^\circ\text{C}$ で状態変化が起こる。 $0^\circ\text{C}$ の水9.0 gに27 kJのエネルギーを加えると、全て $100^\circ\text{C}$ の水蒸気になった。この水の融解熱を $6.0 \text{ kJ/mol}$ とすると、水の蒸発熱は何 $\text{kJ/mol}$ か。最も近いものを、1～5から一つ選べ。ただし、水1.0 gの温度を $1^\circ\text{C}$ 上げるのに必要なエネルギーを $4.2 \text{ J}$ とし、状態変化は $0^\circ\text{C}$ と $100^\circ\text{C}$ でのみ起こり、加えたエネルギーは全て温度上昇と状態変化に使われたものとする。解答番号は

図2



- 1 10 kJ      2 12 kJ      3 24 kJ      4 34 kJ      5 40 kJ

(5) 空気は、主に窒素 $\text{N}_2$ と酸素 $\text{O}_2$ が含まれた混合気体である。次の問いに答えよ。ただし、気体定数を $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ 、窒素の原子量を14、酸素の原子量を16とする。

ア 空気の組成が物質量の比で窒素が80.0%、酸素が20.0%の混合気体であるとする、空気1.00 molあたりの質量は何gか。最も近いものを、1～5から一つ選べ。解答番号は

- 1 14.4 g      2 15.6 g      3 28.8 g      4 30.0 g      5 31.2 g

イ 27℃で密閉容器に、12.8 gの酸素と5.6 gの窒素が入っている。この容器内部の気体全体の圧力が $5.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ であるとき、気体の密度は何g/Lか。最も近いものを、1～5から一つ選べ。

解答番号は

- 1 1.8 g/L      2 2.2 g/L      3 3.0 g/L      4 6.2 g/L      5 18 g/L

2 次の(1)～(4)の問いに答えよ。

(1) DNAは遺伝子の本体であることが知られている。DNAについて、次の問いに答えよ。

ア 体細胞分裂における細胞周期と細胞1個あたりのDNA量の関係を示す組合せとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。ただし、体細胞分裂によって細胞が2つに分かれた直後の体細胞のDNA量を2とする。解答番号は

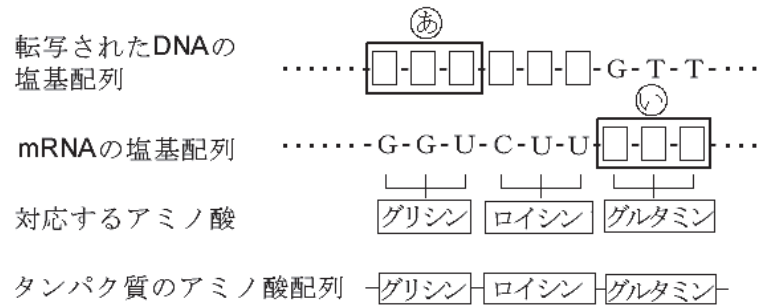
	間期	前期	中期	終期
1	2	2	2	2
2	2	2	4	4
3	2から4	2	4	4
4	2から4	4	4	4
5	4	4	2	2

イ DNAは、通常、二重らせん(2本鎖)構造をしている。このDNAの構造に関する文として最も適切なものはどれか。ただし、 $2n$ は核相が複相で、 $n$ は核相が単相を示している。1～5から一つ選べ。解答番号は

- 1 体細胞( $2n$ )のDNAは2本鎖であるが、配偶子( $n$ )のものは常に1本鎖である。
- 2 体細胞( $2n$ )では、減数分裂によって生じた配偶子( $n$ )のDNAは1本鎖であるが、受精によって本来の2本鎖になる。
- 3 体細胞( $2n$ )では、2本の相同染色体が対合しているので、それぞれの染色体上にある1本鎖DNAが対を形成して2本鎖になる。
- 4 体細胞( $2n$ )と同様に、配偶子( $n$ )のDNAは、通常、2本鎖である。しかし、細胞分裂直後は1本鎖で、やがて複製されて2本鎖になる。
- 5 体細胞( $2n$ )と同様に、配偶子( $n$ )のDNAは、通常、2本鎖である。また、細胞分裂直後のものでも2本鎖になっている。



ウ DNAのもつ遺伝情報は、まずmRNA（伝令RNA）の合成に際して転写される。その情報に従って、アミノ酸が選ばれ、それによって定まったアミノ酸が連なって特定のタンパク質が合成される。次の図はそれら一連の関係を模式的に示したものである。□には、A・T・G・C・Uのうちいずれか一つが入る。ただし、Aはアデニン、Tはチミン、Gはグアニン、Cはシトシン、Uはウラシルを表す。図中の□で示した㉞・㉟の部分に相当する塩基配列を正しく示している組合せはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は □ 13 □

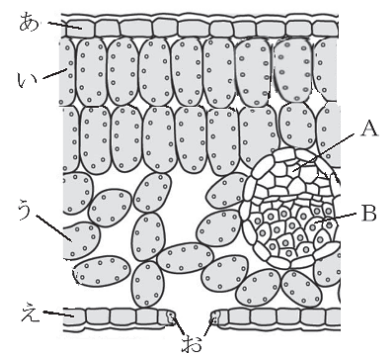


- ① C-A-A      ② C-C-A      ③ T-T-C      ④ T-T-A  
 ⑤ G-G-U      ⑥ G-T-G      ⑦ T-U-U      ⑧ T-G-G

- |   |   |   |
|---|---|---|
|   | ㉞ | ㉟ |
| 1 | ② | ① |
| 2 | ③ | ⑦ |
| 3 | ④ | ⑧ |
| 4 | ⑤ | ⑦ |
| 5 | ⑥ | ① |

(2) 右の図は、双子葉植物の葉の断面を模式的に示したものである。次の問いに答えよ。

ア 図中あ～おで示した細胞のうち葉緑体が観察できる細胞をすべて選択している組合せとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は □ 14 □



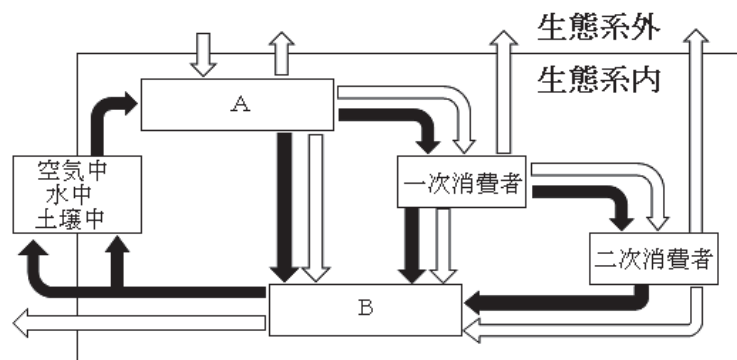
- |   |     |   |      |   |     |
|---|-----|---|------|---|-----|
| 1 | あいう | 2 | いうえ  | 3 | いうお |
| 4 | うえお | 5 | あいうえ |   |     |

イ 図中のAとBの説明として誤っているものをすべて選んだ組合せとして最も適切なものはどれか。  
1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① 根から吸収された水分は、Bを通過して葉に運ばれ、光合成などに使われる。
- ② 光合成でつくられたデンプンは糖になり、Bを通過してからだの各部分に運ばれる。
- ③ AとBは、根から葉までつながっており、茎ではAはBより内側にある。
- ④ AとBは維管束を形成し、葉では葉脈と呼ばれる。

1 ①                      2 ②                      3 ①③                      4 ②④                      5 ①②④

(3) 下の図は、生態系における物質の流れ（**■**）とエネルギーの流れ（**⇨**）を模式的に示したものである。生態系における物質の流れとエネルギーの流れについて述べた次の文を読んで、あとの問いに答えよ。



太陽の ( ① ) エネルギーは、生産者によって有機物中に ( ② ) エネルギーとして蓄えられる。このエネルギーは食物連鎖によって消費者に移動し、生命活動に利用される。分解者も、遺体や排出物中の ( ② ) エネルギーを利用する。これらの ( ② ) エネルギーの一部は、各栄養段階において、代謝に伴う ( ③ ) エネルギーとなる。

ア 図中のA、Bと文章中の①～③にあてはまる語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。  
1～5から一つ選べ。解答番号は

	A	B	①	②	③
1	生産者	分解者	光	熱	化学
2	生産者	分解者	光	化学	熱
3	生産者	分解者	熱	化学	光
4	分解者	生産者	光	熱	化学
5	分解者	生産者	光	化学	熱

イ 生態系における物質の流れとエネルギーの流れの説明について、正しいものを選んだ組合せとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① 炭素は生態系内を循環するが、窒素は生態系内を循環しない。
- ② 炭素や窒素は生態系内を循環しない。
- ③ 炭素や窒素は生態系内を循環する。
- ④ エネルギーは生態系内を物質の移動とともに移動していき、最終的には熱エネルギーとして生態系外へ出るので生態系内を循環しない。
- ⑤ エネルギーは生態系内を物質の移動とともに移動していき、最終的には熱エネルギーとして生態系内を循環する。

1 ①⑤                      2 ②④                      3 ②⑤                      4 ③④                      5 ③⑤

ウ 次の生物のうち、一次消費者のみの組合せとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① ニホンカナヘビ              ② モンシロチョウ              ③ ニホンカモシカ              ④ ヒマワリ
- ⑤ ナナホシテントウ              ⑥ オウサマペンギン              ⑦ 大腸菌

1 ①②④                      2 ①②⑤                      3 ②③  
4 ②④⑦                      5 ①③⑥

(4) セキツイ動物は、呼吸の方法やからだの表面のようす、子の生まれ方の違いで、魚類・両生類・ハ虫類・鳥類・ホ乳類の5つのなかまに分けることができる。セキツイ動物について、次の問いに答えよ。

ア ウミガメは一生のほとんどを海の中で過ごす。ハ虫類に分類されている。ハ虫類の特徴の組合せとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① えら呼吸である              ② 肺呼吸である              ③ 体表はかたいうろこでおおわれている
- ④ 体表は毛でおおわれている              ⑤ 殻のない卵を産む
- ⑥ 殻のある卵を産む              ⑦ 胎生である

1 ①③⑤                      2 ①③⑥                      3 ②③⑤  
4 ②③⑥                      5 ②④⑦

イ 次のうち、ハ虫類に分類されている動物のみの組合せとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

- |   |           |          |
|---|-----------|----------|
| 1 | イリエワニ     | アカハライモリ  |
| 2 | ウミイグアナ    | シマヘビ     |
| 3 | オオサンショウウオ | ニホンヤモリ   |
| 4 | カミツキガメ    | オオコウモリ   |
| 5 | ニホントカゲ    | ニホンヒキガエル |

3 次の(1)～(8)の問いに答えよ。

(1) 海水面の高さは、気圧によって変化する。海面上のある地点において台風が通過し、気圧が976hPaになったときの海水面の高さは、気圧が1013hPaの時と比べて何mm変化したと考えられるか。最も適切なものを1～5から一つ選べ。ただし、海水面の高さは気圧の変化によってのみ変化し、気圧が1hPa変化すると海水面の高さは10mm変化するものとする。

解答番号は

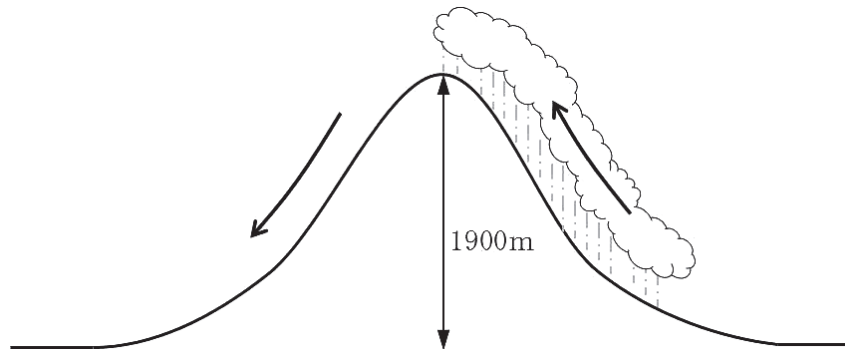
- 1 37mm上昇する。
- 2 37mm下降する。
- 3 370mm上昇する。
- 4 370mm下降する。
- 5 3700mm下降する。

(2) 次の文は、エルニーニョ現象について述べたものである。文中の空欄に入る語句の組合せとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

通常、赤道太平洋海域の表面水温は、西部が高く、東部が低くなっている。エルニーニョ現象が発生しているときには、通常よりも貿易風が( a )なり、赤道太平洋海域の東部の暖かい表層水の厚さが( b )なる。その結果、赤道太平洋海域の東部で、カタクチイワシの漁獲高が( c )なる。

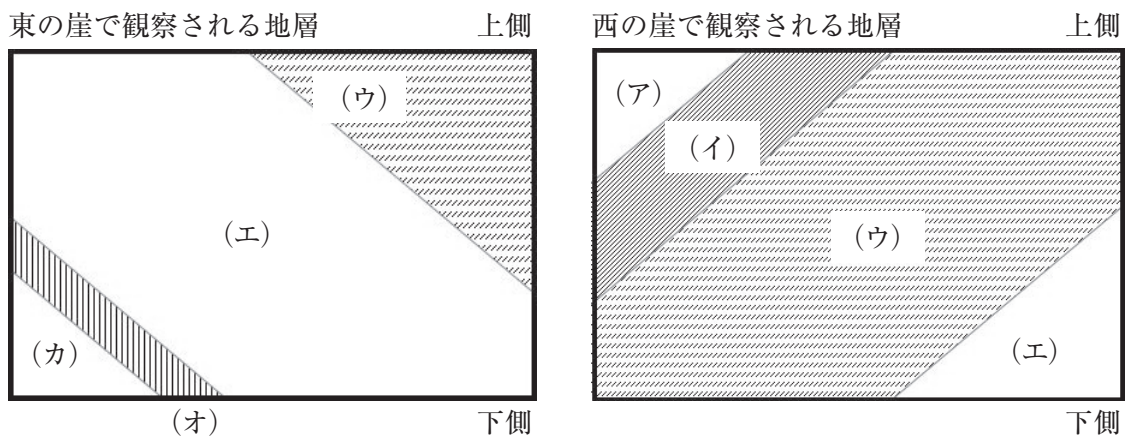
- |   | a  | b  | c  |
|---|----|----|----|
| 1 | 弱く | 薄く | 高く |
| 2 | 弱く | 厚く | 低く |
| 3 | 強く | 薄く | 低く |
| 4 | 強く | 厚く | 高く |
| 5 | 強く | 厚く | 低く |

(3) 風上側山ろく（高度0 m）で気温 $22^{\circ}\text{C}$ 、露点温度 $17^{\circ}\text{C}$ であった空気塊が、高さ1900mの山を越え、風下側山ろく（高度0 m）に達したときの気温として最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。ただし、乾燥断熱減率を $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 、湿潤断熱減率を $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ でそれぞれ一定とし、空気塊が露点温度に達した高度から山頂（高度1900m）までの間でのみ雲が発生し、発生した水滴は全て山頂までに雨として降ったものとする。解答番号は



- 1  $25^{\circ}\text{C}$
- 2  $27^{\circ}\text{C}$
- 3  $29^{\circ}\text{C}$
- 4  $31^{\circ}\text{C}$
- 5  $33^{\circ}\text{C}$

(4) 南北方向にのびる道があり、その道をはさむようにして東西に崖がある。下図は東と西それぞれの崖で観察される地層を同じ位置、同じ高さ、同じ面積でスケッチしたものである。図より、この辺りの地層の傾きはどうかと考えられるか。また、(イ)の地層が、南北の道の地表に現れる(道に「露出」する)のは、この道をどちらに行った場合か。最も適切な組合せを1～5から一つ選べ。ただし、図の(ア)～(カ)はそれぞれ同じ地層を表し、また、この辺りの地層はすべて同じ方向に傾いているが、褶曲や断層はないものとする。解答番号は



- | 地層の傾き          | 地表に表れる場合 |
|----------------|----------|
| 1 南西の方へ下がっている。 | 南へ行った場合。 |
| 2 南東の方へ下がっている。 | 北へ行った場合。 |
| 3 北西の方へ下がっている。 | 南へ行った場合。 |
| 4 北東の方へ下がっている。 | 北へ行った場合。 |
| 5 南東の方へ下がっている。 | 南へ行った場合。 |

(5) 次の文は、AさんとBさんが登山に行った時の様子と、そのときの二人の会話である。文中の空欄に入る数値や語句の組合せとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。

解答番号は

10月のある日、AさんとBさんは登山に行きました。秋風がそよぎ、1日を通して雲がほとんど無い晴天でした。二人は5合目まで登ったところでひと休みしました。

Aさん 「今は雲一つなく晴れているけど、曇りの時は空にどのくらいの雲があるのかな？」

Bさん 「雲の量は観測機器で測定することが難しいから、ほとんど目視で行っているよ。気象庁の天気種類表では、雲量2以上（ a ）以下が晴れとなっているよ。」

登ってきた山の様子を見て、AさんがBさんに尋ねました。

Aさん 「この山はどのようにしてできたのかな？」

Bさん 「この山は火山なんだ。地下深部で、岩石が融けてできた（ b ）が上がってくるときに、地面を押し上げてできたんだよ。」

Aさん 「火山の力、自然の力はすごいんだね。」

二人は頂上をめざして再び登り始めました。山の頂上付近には大きな火口がありました。Aさんは実物の火口を見たのは初めてなので驚きました。火口の中をのぞき込むと、所々から白く見える火山ガスが出ていました。

Aさん 「この火山は噴火しているのかな？」

Bさん 「この程度では噴火とは言わないし、火山ガスの主成分は（ c ）だよ。現在、噴火活動は小康状態かな。」

Aさん 「いつかは噴火するってこと？」

Bさん 「まあ、そうだね。実際、桜島のように現在も噴火を続けている火山もあるし、富士山のように噴火活動と噴火活動の間の時期の火山もあるんだ。概ね過去1万年以内に噴火した火山及び活発な噴気活動のある火山を活火山というように気象庁は定義しているよ。」

	a	b	c
1	5	マグマ	水
2	5	溶岩	硫黄
3	8	マグマ	水
4	8	マグマ	塩化水素
5	8	溶岩	硫黄



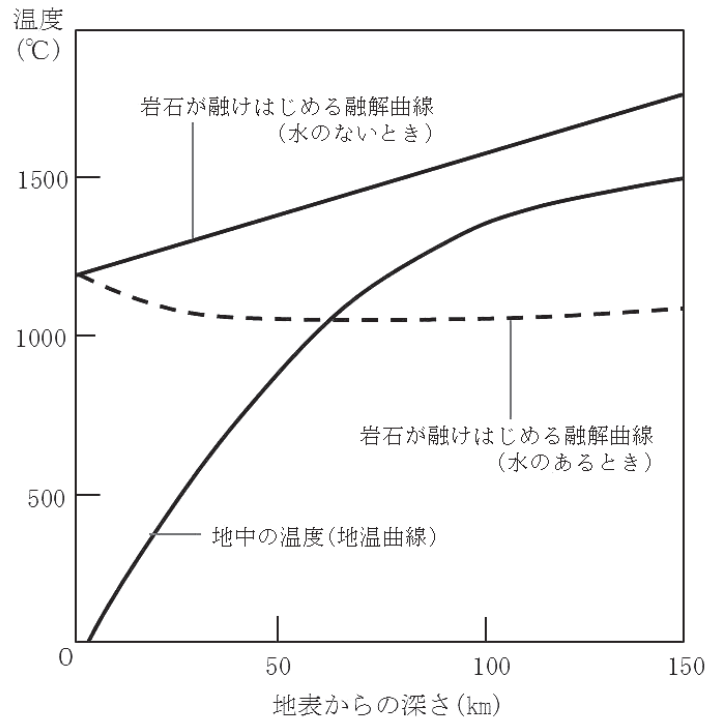
(6) 火山について述べた次の a～c の正誤の組合せとして最も適切なものはどれか。1～5 から一つ選べ。解答番号は

- a 火砕丘は南半球の火山特有のもので、日本には存在しない。
- b 三松正夫氏によって作成された昭和新山の隆起の記録は「三松ダイヤグラム」と呼ばれている。
- c 昭和新山が含まれる洞爺湖有珠山ジオパークは、世界ジオパークであるとともに、世界遺産に指定されている。

	a	b	c
1	正	正	誤
2	正	誤	誤
3	誤	正	正
4	誤	正	誤
5	誤	誤	正

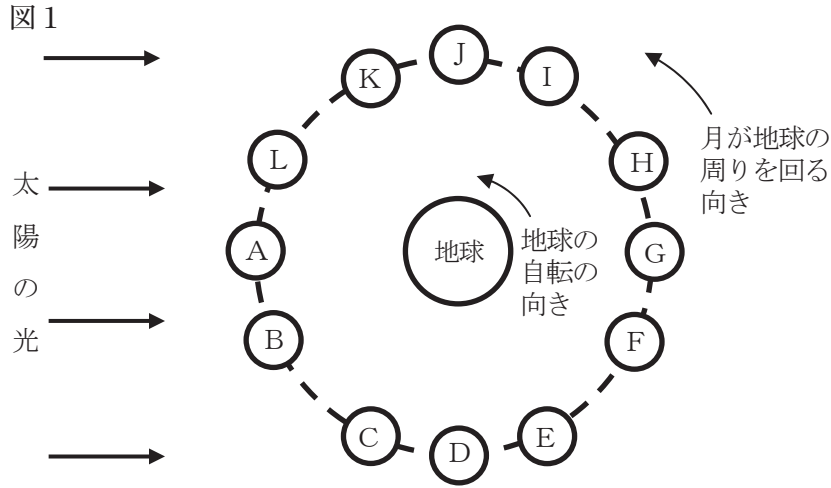
(7) 次の図は、地表からの深さに対する地中の温度と岩石の融解曲線を示している。図にあるように、地温曲線と融解曲線は交わらないため、岩石に水のない状態では岩石が溶融することはない。しかし、岩石に水が加わったときは、融解曲線が変化し岩石の部分溶融が起こる。地表からの深さが50kmと100kmの地点において、岩石に水が加わったときの岩石の部分溶融について図から読み取れることを述べたものとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。

解答番号は



- 1 地表からの深さ50km、100kmにある岩石ともに部分溶融が起こっていない。
- 2 地表からの深さ50km、100kmにある岩石ともに部分溶融が起こっている。
- 3 地表からの深さ50kmの岩石は部分溶融しているが、100kmにある岩石は部分溶融していない。
- 4 地表からの深さ50kmの岩石は部分溶融していないが、100kmにある岩石は部分溶融している。
- 5 地表からの深さが150kmよりも深い所で部分溶融が始まる。

(8) 図1は、地球と月の位置関係を模式的に表したものである。この図を見て、次のア～ウの問いに答えよ。



ア 図1のA～Lのうち、月が三日月として観測されるときと、上弦の月として観測されるときとの位置の組合せとして、最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。

解答番号は

	三日月	上弦の月
1	B	D
2	B	J
3	E	D
4	E	G
5	L	J

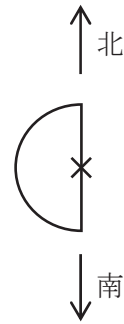
イ 新月が南中するときのおおよその時刻と、図1のDの位置の月が西に沈むときのおおよその時刻の組合せとして、最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

	新月が南中するときの時刻	Dの位置の月が西に沈むときの時刻
1	午前0時ごろ	午前6時ごろ
2	午前0時ごろ	正午ごろ
3	正午ごろ	午前6時ごろ
4	正午ごろ	午後6時ごろ
5	正午ごろ	午前0時ごろ

ウ 図2は地球から月が半円形に観測されたときのスケッチであり、図2の×印の月面上に宇宙飛行士が立って地球を観測したと仮定する。このとき、宇宙飛行士によって地球がどのように観測されるかを述べたものとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。ただし、月面上の方角は図2の上方向を北、下方向を南とする。解答番号は

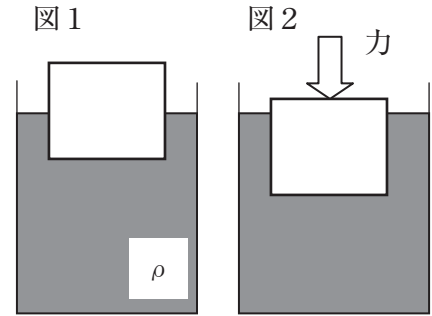
- 1 東の地平線に円形に観測される。
- 2 西の地平線に円形に観測される。
- 3 東の地平線に半円形に観測される。
- 4 西の地平線に半円形に観測される。
- 5 真上に半円形に観測される。

図2



4 次の(1)～(10)の問いに答えよ。

(1) 図1のように、密度 $\rho$ の液体中に、質量 $m$ 、一辺の長さが $a$ の立方体の木片を浮かべた。次に、図2のように、頭部が沈まないように液中に押し込んで静かに放すと、木片は水面から飛び出すことなく、単振動した。このときの単振動の周期として最も適切なものを1～5から一つ選べ。

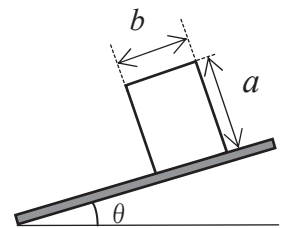


ただし、木片は鉛直方向のみに運動し、液体との摩擦がないものとする。また、木片の振動による水面の高さの変化は無視するものとする。重力加速度の大きさは $g$ とする。

解答番号は

- 1  $2\pi\sqrt{\frac{m}{\rho a g}}$     2  $2\pi\sqrt{\frac{m}{\rho a^2 g}}$     3  $2\pi\sqrt{\frac{\rho a g}{m}}$     4  $2\pi\sqrt{\frac{\rho a^2 g}{m}}$     5  $2\pi\sqrt{\frac{\rho a^3 g}{m}}$

(2) 高さ $a$ 、幅 $b$ 、質量 $m$ の直方体を、図のようにあらい平面上に置き、平面の傾きの角 $\theta$ を徐々に大きくしていく。直方体と平面の間の静止摩擦係数を $\mu$ とする。このとき、直方体が平面を滑り出すより先に転倒するための条件として最も適切なものを1～5から一つ選べ。



ただし、物体の密度は一様であり、重心は中心の位置にある。また、図の奥行き方向は考慮しなくてよい。解答番号は

- 1  $\frac{a}{b} < \mu$     2  $\frac{b}{a} < \mu$     3  $\frac{a}{b} > \mu$     4  $\frac{b}{a} > \mu$     5  $\frac{b}{2a} > \mu$

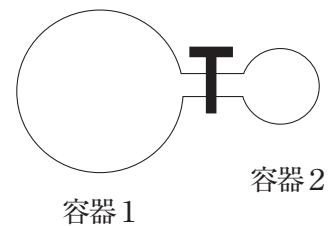
(3) 電力の輸送について述べた次のア～オの文のうち、正しいもののみをすべて選んでいるものを 1～5 から一つ選べ。解答番号は

- ア 日本の発電所の多くは、電力を直流で送電している。
- イ 送電線は、材質や長さが等しい場合、断面積が大きいほど、同じ電圧をかけたときの送電線での発熱による電力の損失は大きくなる。
- ウ 送電線は、材質や断面積が等しい場合、長いほど、同じ電圧をかけたときの送電線での発熱による電力の損失は大きくなる。
- エ 発電所から一定の電力を同じ送電線で送電するとき、発電所の電圧を小さくした方が、送電線での電力の損失は小さくなる。
- オ 変圧器では、電圧を下げることはできるが上げることはできない。

- 1 イ
- 2 アイエ
- 3 ウ
- 4 ウエ
- 5 アウエオ

(4) 文中の空欄 (ア)、(イ) に入るものの組合せとして最も適切なものを 1～5 から一つ選べ。

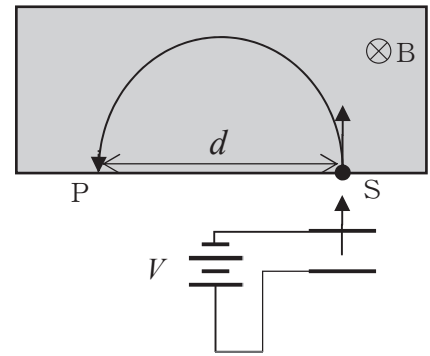
図のように、それぞれ  $3.0 \times 10^{-2} \text{ [m}^3\text{]}$ 、 $1.0 \times 10^{-2} \text{ [m}^3\text{]}$  の容積をもつ 2 つの熱容量の無視できる容器 1、2 がコックの付いた容積の無視できる細い管でつながれている。コックを閉じた状態で、容器 1 には圧力  $1.0 \times 10^5 \text{ [Pa]}$ 、絶対温度  $3.0 \times 10^2 \text{ [K]}$  の状態で単原子分子の理想気体が封入されており、容器 2 は真空になっている。次に、コックを開き、十分時間が経ったとき、容器 1、2 内の気体の圧力と温度がそれぞれ等しくなった。このときの容器内の気体の圧力は (ア)、絶対温度は (イ) となる。



ただし、容器と周囲との熱のやりとりはなく、気体の内部エネルギーの和は一定に保たれるものとする。この過程で容器は変形しないものとする。解答番号は

- |   | (ア)                            | (イ)                           |
|---|--------------------------------|-------------------------------|
| 1 | $1.0 \times 10^5 \text{ [Pa]}$ | $1.0 \times 10^2 \text{ [K]}$ |
| 2 | $1.0 \times 10^5 \text{ [Pa]}$ | $4.0 \times 10^2 \text{ [K]}$ |
| 3 | $2.5 \times 10^4 \text{ [Pa]}$ | $3.0 \times 10^2 \text{ [K]}$ |
| 4 | $7.5 \times 10^4 \text{ [Pa]}$ | $7.5 \times 10^3 \text{ [K]}$ |
| 5 | $7.5 \times 10^4 \text{ [Pa]}$ | $3.0 \times 10^2 \text{ [K]}$ |

(5) 図のように、電気量  $q$  ( $q > 0$ ) を持つ荷電粒子を、はじめ静止した状態から、平行平板電極を用いて電圧  $V$  で加速した。その後、荷電粒子は速さを保ったまま、磁束密度  $B$  の一様な磁場の中に磁場と垂直に入射し、半円を描いて点  $S$  から距離  $d$  離れた点  $P$  に到達した。この荷電粒子の質量として最も適切なものを 1～5 から一つ選べ。



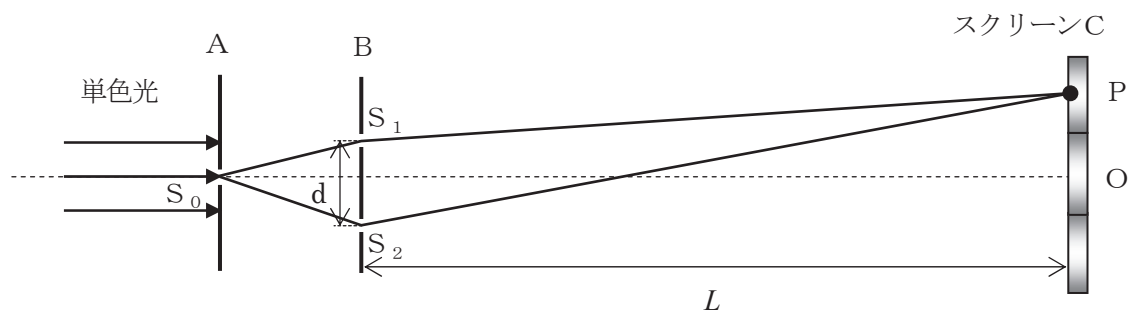
ただし、荷電粒子の大きさや重力の影響は無視できるものとする。

また、図中の⊗は紙面の表から裏向きの方を向す。解答番号は

- 1  $\frac{qB^2d^2}{8V}$       2  $\frac{qB^2d^2}{2V}$       3  $\frac{qBd}{2V}$       4  $\frac{qVB^2d^2}{8}$       5  $\frac{qVB^2d^2}{2}$

(6) 下図のように、2枚のついたて  $A$ 、 $B$  を平行に立て、 $A$  には1つのスリット  $S_0$ 、 $B$  には狭い間隔  $d$  で2つのスリット  $S_1$ 、 $S_2$  が備えられている。 $B$  から距離  $L$  はなして、 $A$ 、 $B$  に平行にスクリーン  $C$  を置く。 $S_0$  の左側から波長  $\lambda$  の単色光を  $A$  に対して垂直に入射すると、スクリーン上に明暗の縞模様ができる。

$S_1$ 、 $S_2$  の垂直二等分線とスクリーンとの交点を  $O$  とし、点  $O$  から距離  $x$  はなれた点を  $P$  とする。

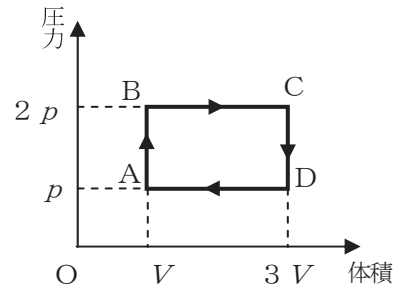


$d = 0.25$  [mm]、 $L = 100$  [cm]、 $\lambda = 5.0 \times 10^{-7}$  [m] のとき、点  $O$  付近の暗線の間隔として最も適切なものを 1～5 から一つ選べ。

ただし、 $L$  は  $d$  や  $x$  に対して十分大きく、 $|S_1P - S_2P| \cong \frac{dx}{L}$  の近似を用いるものとする。  
解答番号は

- 1  $1.0 \times 10^{-3}$  [m]      2  $1.0 \times 10^{-4}$  [m]      3  $2.0 \times 10^{-3}$  [m]  
4  $2.0 \times 10^{-4}$  [m]      5  $6.0 \times 10^{-3}$  [m]

- (7) なめらかに動くピストン付きシリンダー内の単原子分子の理想気体1.0molの状態を、図のように、 $A(p, V) \rightarrow B(2p, V) \rightarrow C(2p, 3V) \rightarrow D(p, 3V) \rightarrow A(p, V)$ と変化させた。このサイクルを熱機関とみなしたとき、この熱機関の熱効率として最も適切なものを1～5から一つ選べ。



ただし、気体定数を  $R$  とし、定積モル比熱  $C_V = \frac{3}{2}R$ 、定圧モル比熱  $C_P = \frac{5}{2}R$  とする。

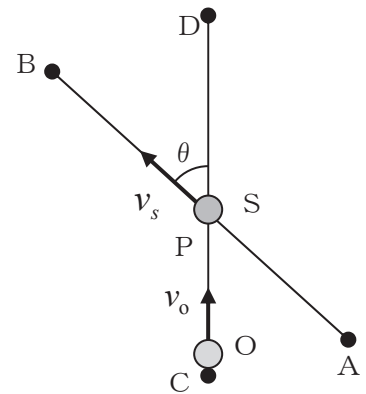
解答番号は

- 1  $\frac{2}{3}$       2  $\frac{4}{23}$       3  $\frac{4}{17}$       4  $\frac{8}{23}$       5  $\frac{12}{23}$

- (8) 振動数  $f_0$  の音を発する音源  $S$  がある。音の速さを  $V$  とするとき、以下の問いに答えよ。

図のように、音源  $S$  が、点  $A$  から出発し、一定の速さ  $v_s$  ( $v_s < V$ ) で点  $B$  の方へ向かって一直線に進んでいる。

同時に、観測者  $O$  が、点  $C$  から出発し、一定の速さ  $v_o$  ( $v_o < V$ ) で点  $D$  の方へ向かって一直線に運動している。音源  $S$  が観測者  $O$  より先に直線  $AB$  と直線  $CD$  の交点  $P$  を通過した。音源  $S$  が点  $P$  を通過するときに発した音を、観測者  $O$  が観測するときの振動数として最も適切なものを1～5から一つ選べ。



ただし、直線  $AB$  と直線  $CD$  のなす角は図のように  $\theta$  とする。解答番号は

- 1  $\frac{V + v_o}{V + v_s} f_0$       2  $\frac{V + v_o}{V - v_s} f_0$       3  $\frac{V + v_o}{V + v_s \cos \theta} f_0$   
 4  $\frac{V + v_s \cos \theta}{V - v_o} f_0$       5  $\frac{V - v_s \cos \theta}{V + v_o} f_0$



- (9) 天然の放射性元素ウラン $^{238}_{92}\text{U}$ が、 $\alpha$ 崩壊と $\beta$ 崩壊を繰り返し、原子番号82番の鉛Pbになった。このときの鉛Pbの質量数はいくらか。また、 $\alpha$ 崩壊と $\beta$ 崩壊はそれぞれ何回行われたか。組合せとして正しいものを1～5から一つ選べ。解答番号は

	Pbの質量数	$\alpha$ 崩壊	$\beta$ 崩壊
1	206	8	6
2	206	8	10
3	206	16	22
4	208	7	4
5	208	15	20

- (10) 炭素 $^{14}\text{C}$ の半減期は $5.7 \times 10^3$ 年である。ある木材中の炭素 $^{14}\text{C}$   $1.2 \times 10^{-12}$  gが放射性崩壊したとき、放射性崩壊せずに残っている炭素 $^{14}\text{C}$ が $3.0 \times 10^{-13}$  gになるまでにかかる年数として最も適切なものを1～5から一つ選べ。解答番号は

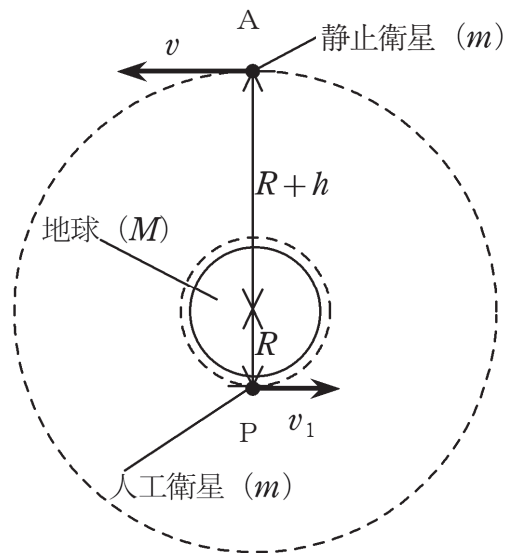
- |   |                     |   |                     |   |                     |
|---|---------------------|---|---------------------|---|---------------------|
| 1 | $3.6 \times 10^2$ 年 | 2 | $1.4 \times 10^3$ 年 | 3 | $2.9 \times 10^3$ 年 |
| 4 | $8.6 \times 10^3$ 年 | 5 | $1.1 \times 10^4$ 年 |   |                     |

5 地球の周りには全地球測位システム（GPS）、気象観測衛星、通信衛星など多くの人工衛星が周回している。また、宇宙の根源を探るため探査衛星がロケットを使って打ち上げられている。以下に示された問いに答えよ。

なお、以下の問いでは、地球を半径  $R$ 、質量  $M$  の球体とし、静止衛星の質量を  $m$  とする。また、地球表面での重力加速度の大きさを  $g$ 、万有引力定数を  $G$  とする。地球の自転や公転の影響はないものとする。

(1) 地球表面すれすれ（地球の半径と同じ半径の円軌道）を回る人工衛星の速さを第1宇宙速度という。

図1



※ 点線は周回軌道をあらわす

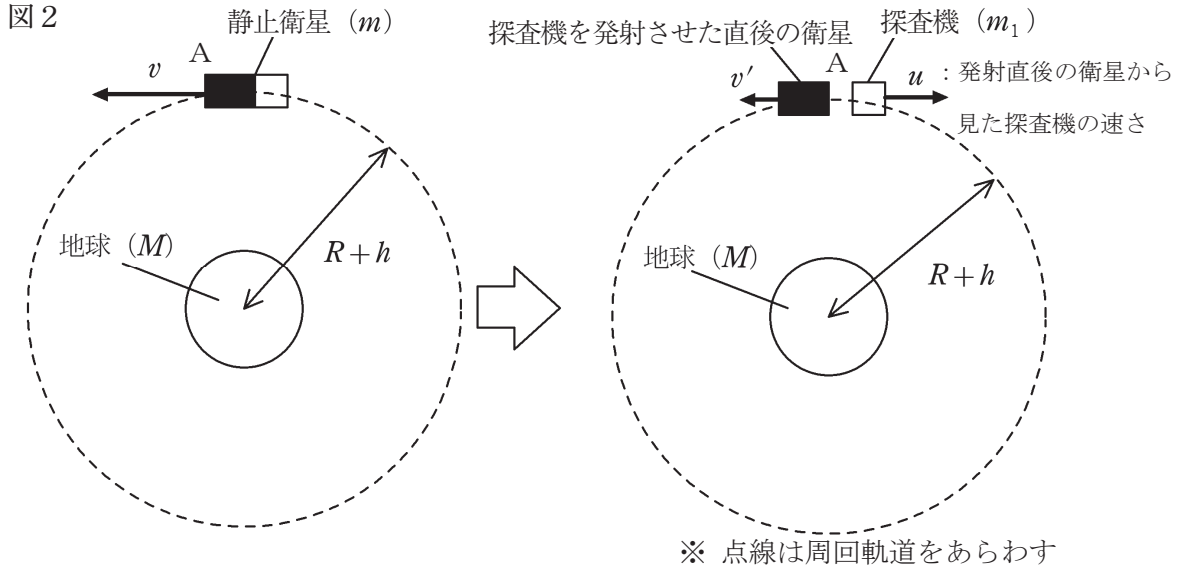
ア 第1宇宙速度  $v_1$  を  $g$  と  $R$  を用いて求めよ。

イ 地球上で打ち上げられた人工衛星が静止衛星となるように、Pから水平方向にガスを噴射して加速したところ、地球の中心から  $R+h$  の高さ（A点）で静止衛星となった。ガス噴射によって人工衛星が得たエネルギーを  $R$ 、 $h$ 、 $G$ 、 $M$ 、 $m$  で表せ。ただし、ガス噴射による人工衛星の質量の変化、温度上昇や光の放出によるエネルギーの損失はないものとする。

ウ イの状態のとき、A点を通る円運動の周期  $T$  の2乗と半径  $R+h$  の3乗の比を  $G$  と  $M$  を用いて表せ。

(2) 地球の中心から  $R+h$  の高さを速さ  $v$  で回っている静止衛星から探査機を進行方向逆向きに発射させた。このとき、発射直後の衛星から見た探査機の速さを  $u$ 、静止衛星の質量を  $m$ 、探査機の質量を  $m_1$  とする。

ア 探査機を発射させた直後における衛星の速さ  $v'$  を  $v$ 、 $u$ 、 $m$ 、 $m_1$  を用いて表せ。



イ① 探査機の速さ  $u'$  ( $u'$ : 探査機を地球から見た速さ) は第1宇宙速度よりも速くなったので、探査機の周回軌道は円軌道を外れて、地球の中心を焦点とする楕円軌道に移った。この楕円軌道において、地球の中心から最も離れた点をB点としたとき、ABは楕円の長軸であり、B点での速さが  $u_B$  となった。このときの楕円軌道の半長軸を  $R$ 、 $h$ 、 $u'$ 、 $u_B$  を用いて表せ。ただし、探査機を発射させた後の衛星は元の軌道を保って周回した。

イ② 楕円の長軸 (AB) の長さを  $L$  としたとき、楕円軌道を回っていた探査機の周期  $T'$  を  $G$ 、 $M$ 、 $L$  で表せ。

