

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)～(4)の問いに答えよ。

(1) プロパンの完全燃焼について、次の問いに答えよ。

ア プロパンの完全燃焼により発生した二酸化炭素10.0Lの質量を測定したところ、18.4gであった。
このときの二酸化炭素の密度(g/cm³)はいくらか。1～5から一つ選べ。

解答番号は

- 1 1.84×10^{-2} 2 1.84×10^{-3} 3 1.84×10^{-4}
4 9.20×10^{-2} 5 9.20×10^{-3}

イ プロパンが完全燃焼したときの化学反応式はどれか。1～5から一つ選べ。

解答番号は

- 1 $C_3H_8 + 3O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$
2 $C_3H_8 + 4O_2 \longrightarrow 2CO + CO_2 + 4H_2O$
3 $C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$
4 $2C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 2CO + 4CO_2 + 6H_2O$
5 $2C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 10H_2O$

ウ 標準状態で1Lのプロパンと7Lの酸素の混合気体に点火して、完全に反応させたあと標準状態に戻したときについて述べた次のA～Fの各文のうち、正しいものをすべて選んでいるものはどれか。1～5から一つ選べ。ただし、水蒸気の体積は無視できるものとする。

解答番号は

- A 酸素が2L残る。 B 酸素が3L残る。
C 二酸化炭素が3L生成する。 D 二酸化炭素が4L生成する。
E 反応後の気体の総量は5Lである。 F 反応後の気体の総量は6Lである。

- 1 A C E 2 A C F 3 A D E
4 B C E 5 B D F

(2) 混合物の分離について、次の問いに答えよ。

ア 物質の分離に関する記述のうち、誤っているものはどれか。1～5から一つ選べ。

解答番号は

- 1 混合物から、目的とする物質を溶媒に溶かして分離する操作を抽出という。
- 2 混合物を溶媒に加え、加熱して溶かし、その後溶媒をすべて蒸発させて固体を得る方法を再結晶という。
- 3 ろ紙に混合物をつけ、ろ紙の端を溶媒に浸しておくで各成分に分離される。このように物質の吸着されやすさの違いを利用する方法をクロマトグラフィーという。
- 4 固体が直接気体となる性質を利用する分離方法を昇華法という。
- 5 沸点の違いを利用して液体混合物を成分に分離する操作を分留という。

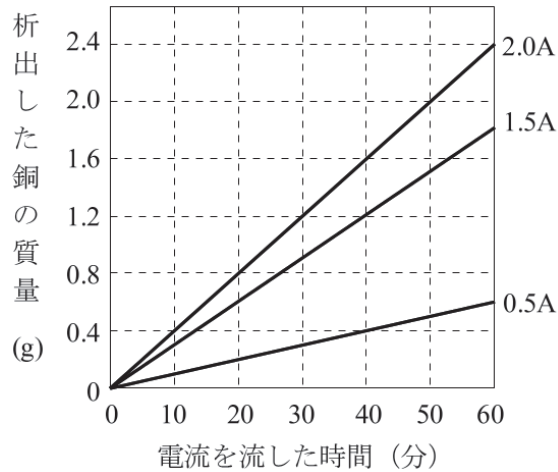
イ A～Dの混合物から () 内の物質だけを取り出す方法として正しいものを選択している組合せはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

- A 食塩水 (食塩) B ヨウ素と食塩 (ヨウ素)
C ワイン (エタノール) D 硝酸カリウムと少量の食塩の混合物 (硝酸カリウム)

	蒸留	蒸発乾固	昇華法	抽出	再結晶
--	----	------	-----	----	-----

	A	B	C	D
1	蒸発乾固	昇華法	蒸留	抽出
2	蒸発乾固	蒸留	再結晶	抽出
3	昇華法	蒸発乾固	再結晶	抽出
4	蒸発乾固	昇華法	蒸留	再結晶
5	昇華法	蒸発乾固	蒸留	再結晶

(3) 白金電極を用いた塩化銅(Ⅱ)水溶液の電気分解について調べた。下の図は、0.5A、1.5A、2.0Aの電流をそれぞれ流したときに、析出した銅の質量と時間の関係を表したグラフである。次の問いに答えよ。



ア X [A] の電流を60分間流したときに、析出した銅の質量をY [g] とする。このとき、XとYの間に成り立つ関係式として正しいものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

- 1 $Y = 0.6X$ 2 $Y = \frac{2}{3}X$ 3 $Y = 1.2X$ 4 $Y = \frac{4}{3}X$ 5 $Y = 1.8X$

イ 3.0Aの電流を流して2.0gの銅が析出したとき、電流を流した時間として最も近いものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

- 1 23分 2 27分 3 30分 4 33分 5 37分

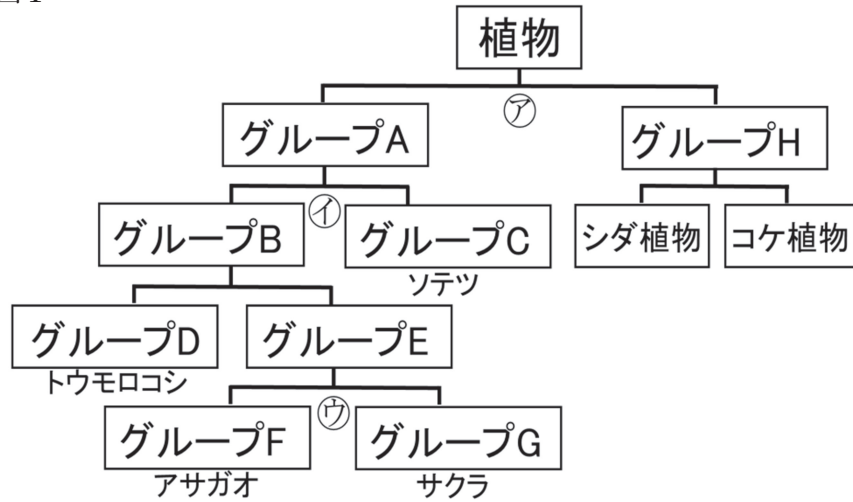
ウ 塩化銅(Ⅱ)水溶液に電流を加えたとき、それぞれの極での反応を示す電子 e^- を用いたイオン反応式として最も適切な組合せはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

- | 陽極 | 陰極 |
|--|--|
| 1 $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$ | $Ca^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ca$ |
| 2 $Ca^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ca$ | $4OH^- \longrightarrow 2H_2O + O_2 + 4e^-$ |
| 3 $4OH^- \longrightarrow 2H_2O + O_2 + 4e^-$ | $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$ |
| 4 $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$ | $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$ |
| 5 $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$ | $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$ |

2 次の(1)～(4)の問いに答えよ。

(1) 図1は、植物をグループA～Hになかま分けしたもので、㉖～㉘には、植物をなかま分けするときの基準が入っている。ただし、図1に示したソテツはグループC、トウモロコシはグループD、アサガオはグループF、サクラはグループGに含まれる。次の問いに答えよ。

図1



ア 図1の㉖～㉘に入る、植物をなかま分けするときの基準の正しい組合せはどれか。
1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① 胚珠が子房に包まれているか、いないか。
- ② 維管束があるか、ないか。
- ③ 光合成をするか、しないか。
- ④ 種子によってなかまをふやすか、ふやさないか。
- ⑤ 花弁が分かれているか、つながっているか。
- ⑥ 根、茎、葉の区別があるか、ないか。

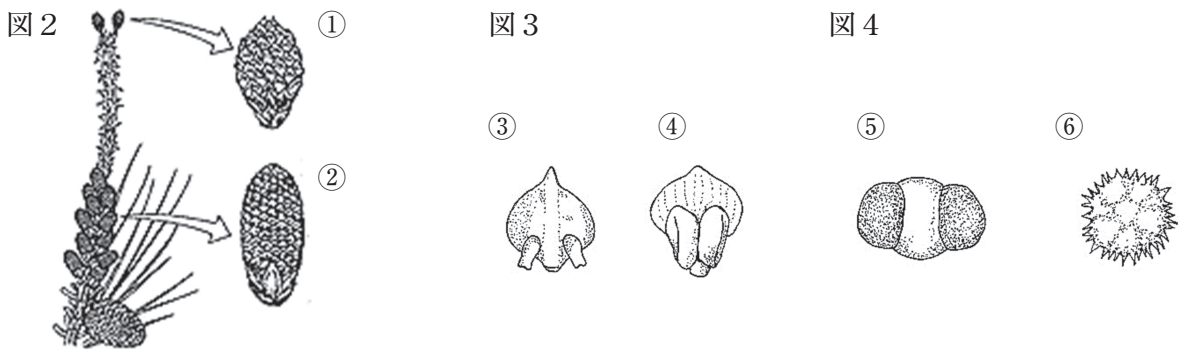
	㉖	㉗	㉘
1	②	①	③
2	②	⑥	⑤
3	③	②	⑥
4	④	①	⑤
5	④	②	⑥

イ 次の特徴のうち、グループEの植物の特徴に当てはまるものをすべて選んだ組合せはどれか。
 1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① 葉脈は、平行脈である。
- ② 葉脈は、網状脈である。
- ③ 主根と側根をもつ。
- ④ ひげ根をもつ。
- ⑤ 茎内部の維管束の配置は、茎全体に散在している。
- ⑥ 茎内部の維管束の配置は、輪状に並んでいる。

- 1 ① ③ ⑤
- 2 ① ④ ⑤
- 3 ② ③ ⑤
- 4 ② ③ ⑥
- 5 ② ④ ⑥

ウ 図2はマツの花、図3はマツの雄花のりん片と雌花のりん片、図4は2種類の植物の花粉をそれぞれスケッチしたものである。図2の①と②、図3の③と④、図4の⑤と⑥のうち、将来まつかさになる部分と雄花のりん片、マツの花粉を示したものの組合せとして、最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は



- | | まつかさになる部分 | 雄花のりん片 | マツの花粉 |
|---|-----------|--------|-------|
| 1 | ① | ③ | ⑥ |
| 2 | ① | ④ | ⑤ |
| 3 | ② | ③ | ⑤ |
| 4 | ② | ④ | ⑤ |
| 5 | ② | ④ | ⑥ |

(2) 地球上に存在するすべての生物のからだは、細胞からできている。A 真核生物の細胞には、さまざまな細胞小器官が含まれている。細胞小器官の1つである (B) は、酸素を使って有機物を分解する原核生物が細胞の内部に取り込まれて生じたと考えられている。また、光合成を行う生物がもつ細胞小器官である (C) は、シアノバクテリアが細胞の内部に取り込まれて生じたと考えられている。この考え方を細胞内共生説 (共生説) という。

生物は、1個の細胞が1個体をなしている単細胞生物と、多数の細胞が集まって1つのからだを構成しているD 多細胞生物に分けることができる。次の問いに答えよ。

ア 下線部Aの真核生物について、次の生物①～⑤のうち真核生物の組合せとして、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 大腸菌 ② 酵母菌 ③ ゾウリムシ
④ ネンジュモ ⑤ カナダモ

- 1 ① ② ④
2 ① ③ ⑤
3 ① ④ ⑤
4 ② ③ ④
5 ② ③ ⑤

イ 文章中の (B)、(C) に入る細胞小器官の組合せとして、最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

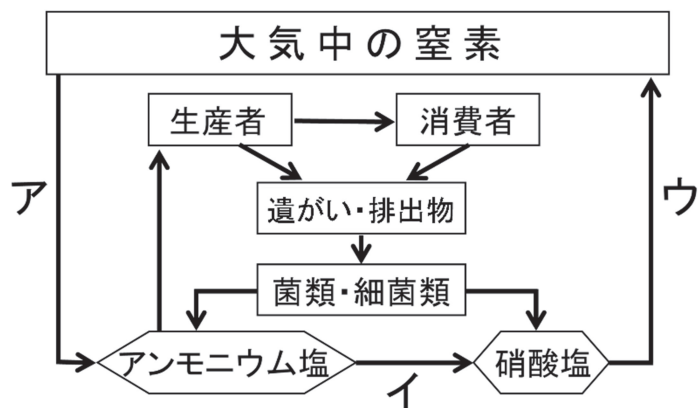
- | | B | C |
|---|---------|---------|
| 1 | リボソーム | ミトコンドリア |
| 2 | リボソーム | 葉緑体 |
| 3 | ミトコンドリア | ゴルジ体 |
| 4 | ミトコンドリア | 葉緑体 |
| 5 | 葉緑体 | ゴルジ体 |

ウ 次の①～④の生物の中で、下線部Dの多細胞生物に当てはまるものをすべて選んだ組合せはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① アオミドロ ② クラミドモナス ③ ミドリムシ ④ ミジンコ

- 1 ① ③
 2 ① ④
 3 ② ③
 4 ② ④
 5 ③ ④

(3) 次の図は、自然界における窒素の循環を模式的に示したものである。次の問いに答えよ。



ア 図中の矢印ア～ウのはたらき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。解答番号は

- | | ア | イ | ウ |
|---|------|------|------|
| 1 | 硝化 | 窒素固定 | 脱窒 |
| 2 | 脱窒 | 硝化 | 窒素固定 |
| 3 | 窒素固定 | 硝化 | 脱窒 |
| 4 | 硝化 | 脱窒 | 窒素固定 |
| 5 | 窒素固定 | 脱窒 | 硝化 |

イ 図中の矢印アのはたらきを行う生物を次の①～⑤からすべて選んだとき、正しい組合せはどれか。
1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① 根粒菌 ② 酵母菌 ③ アゾトバクター
④ クロストリジウム ⑤ 乳酸菌

- 1 ② ④
2 ③ ⑤
3 ① ② ⑤
4 ① ③ ④
5 ② ③ ④

(4) ヒトの肝臓は、成人の場合、約1～2kgあり、体内で最大の内臓である。ヒトの肝臓のはたらきには、A解毒作用やB栄養物質の合成・分解、C消化液の生成などがある。次の問いに答えよ。

ア 次の文は、下線部Aについて述べたものである。文中の (①) ～ (③) 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

ヒトの体内でアミノ酸が分解されると有害な (①) が生成される。(①) は肝臓で毒性が低い (②) に変えられ、(③) で濃縮されて排泄される。

- | | ① | ② | ③ |
|---|----------|----------|-----|
| 1 | アンモニア | 尿素 | 腎臓 |
| 2 | アンモニア | タンパク質 | 胆のう |
| 3 | アンモニア | アセトアルデヒド | 腎臓 |
| 4 | アセトアルデヒド | 尿素 | すい臓 |
| 5 | アセトアルデヒド | タンパク質 | 胆のう |

イ 次の文は、下線部Bについて述べたものである。文中の (①) ~ (③) 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

(①) は、小腸で吸収された後、(②) を経て肝臓に入り、その一部は (③) に合成されて肝臓に貯蔵される。貯蔵されたものは必要に応じて (①) に分解され、血液中の血糖量を一定に保つ。

- | | ① | ② | ③ |
|---|------|-----|---------|
| 1 | ブドウ糖 | 肝動脈 | モノグリセリド |
| 2 | ブドウ糖 | 肝動脈 | グリコーゲン |
| 3 | ブドウ糖 | 肝門脈 | グリコーゲン |
| 4 | アミノ酸 | 肝門脈 | モノグリセリド |
| 5 | アミノ酸 | 肝動脈 | モノグリセリド |

ウ 下線部Cについて、ヒトの肝臓で生成される消化液が働きかける栄養素として、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 脂肪
- 2 デンプン
- 3 デンプンとタンパク質と脂肪
- 4 タンパク質
- 5 デンプンとタンパク質

3 次の(1)～(9)の問いに答えよ。

(1) 1735～1743年にフランス学士院は、低緯度のペルー（現在のエクアドル）と高緯度のラプラント（現在のフィンランド）に測量隊を派遣し、緯度差 1° の距離（経線弧の長さ）を測量した結果、次の表に示す値を得た。これを説明する図として、回転楕円体と考えられる地球の姿を強調して描いたとき、最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

場所	緯度	緯度差 1° の距離 (経線弧の長さ)
ラプラント	66° N付近	111.9km
ペルー	1° S付近	110.6km

<p>1</p>	<p>2</p>
<p>3</p>	<p>4</p>
<p>5</p>	

(2) 岩石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 枕状溶岩は、水中での噴火活動の証拠と考えられる。

B 一般に、花こう岩は斑れい岩よりも有色鉱物の量が少なく、白っぽい。

C 火成岩の薄片を顕微鏡で観察したときに作成した①、②のスケッチのうち、深成岩であると考えられるのは②である。

著作権保護の観点により、図表を掲載いたしません。

出典：『新地学教育講座 4』地学団体研究会 編
舟橋三男 監修 東海大学出版会
47ページ

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

(3) 先カンブリア時代について述べた次のA～Cのうち、正しいもののみをすべて選んでいるものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

A 先カンブリア時代に光合成を行う生物が出現し、海中にとけていた鉄イオンが酸化されて縞状鉄鉱層が形成されたと考えられている。

B 先カンブリア時代の赤道付近で形成された地層に氷河性の堆積物が見られることから、地球全体が氷で覆われていた時期があったと考えられている。

C 先カンブリア時代の末には、バージェス動物群と呼ばれるさまざまな形態をした無脊椎動物が出現したと考えられている。

1 A

2 B

3 AとB

4 BとC

5 AとBとC

(4) 地球史について述べた次の文中の空欄に入る語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

先カンブリア時代に続く古生代は6つに細分される。最古の陸上植物はシダ植物のクックソニアであり、 紀の地層から発見されている。デボン紀になると、両生類の が陸上に進出した。 紀には、ロボクやリンボクなどの大型のシダ植物が繁栄し、大森林を形成した。下の想像図①と想像図②のうち、クックソニアを示しているのは であり、もう一方はリンボクを示している。古生代の最後は 紀であり、この頃になるとシダ植物に代わり裸子植物が栄えるようになった。

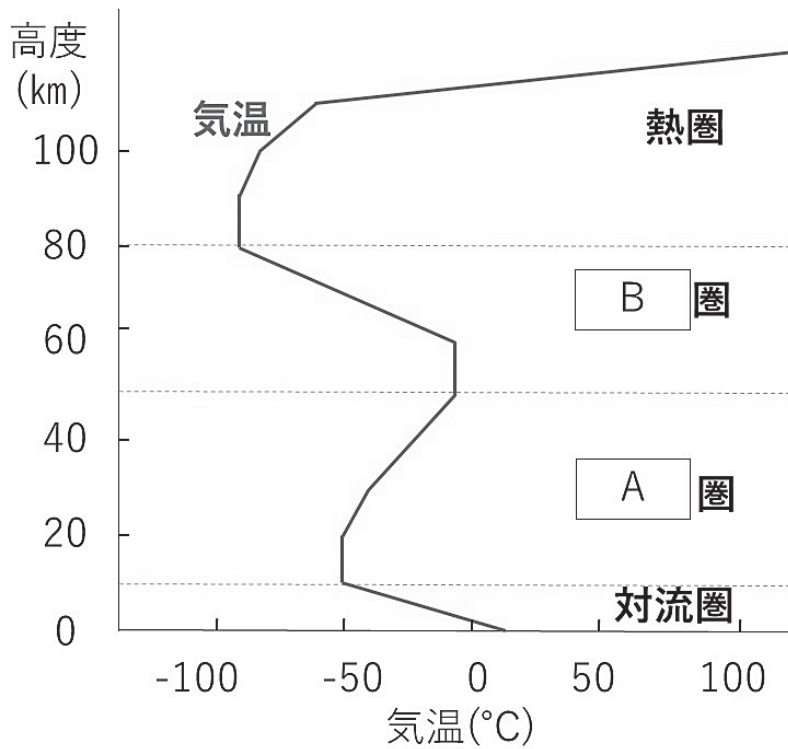
著作権保護の観点により、図表を掲載いたしません。

出典：『古生物学各論』徳永重元 大森昌衛 編集
井尻正二 監修 築地書館
61ページ、65ページ

	A	B	C	D	E
1	シルル	イクチオステガ	石炭	想像図①	ペルム (二畳)
2	シルル	アノマロカリス	石炭	想像図②	ペルム (二畳)
3	オルドビス	イクチオステガ	シルル	想像図①	石炭
4	オルドビス	アノマロカリス	シルル	想像図②	石炭
5	カンブリア	イクチオステガ	石炭	想像図②	ペルム (二畳)

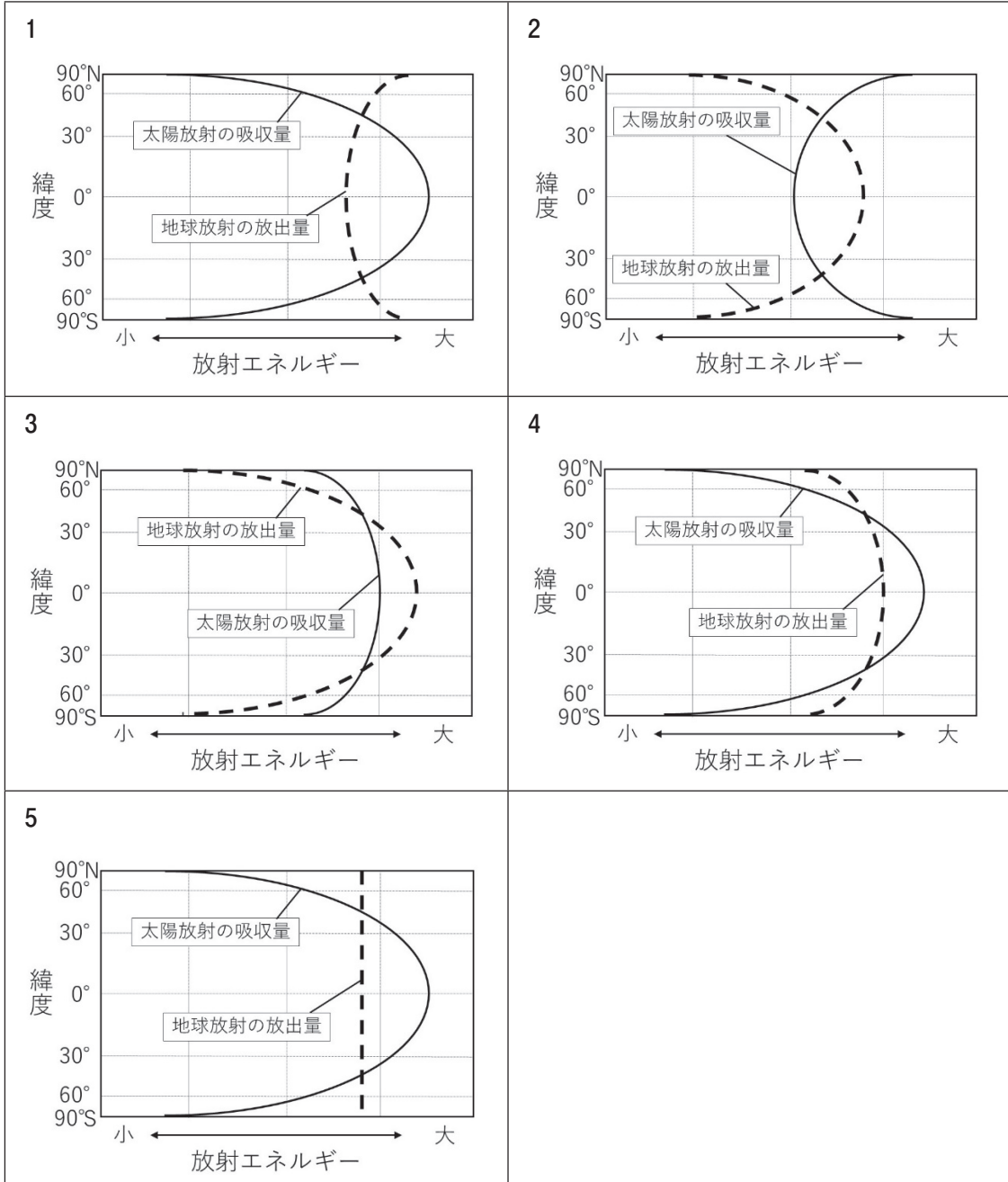
(5) 大気圏の構造について述べた次の文中および図中の空欄に入る語や数値の組合せとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

窒素、酸素、二酸化炭素、水蒸気などの気体が、地球を取り巻く大気を構成している。下図は大気圏の気温分布を示しており、地表から順に対流圏、 圏、 圏、熱圏と呼ばれている。また、高度が5.5km増すごとに気圧が約2分の1になるとすると、44kmの高さでは、気圧は地表の 倍になると考えられる。



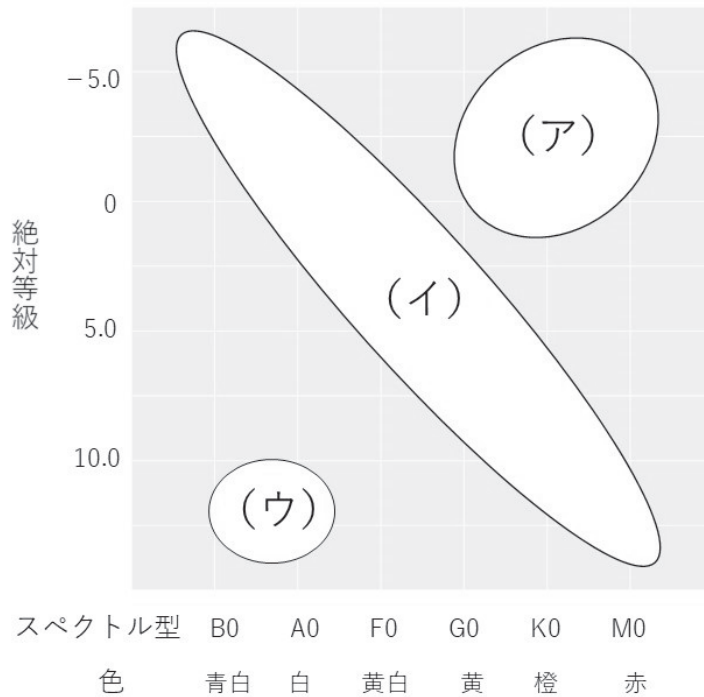
	A	B	C
1	中間	成層	$\frac{1}{8}$
2	中間	成層	$\frac{1}{64}$
3	中間	成層	$\frac{1}{256}$
4	成層	中間	$\frac{1}{8}$
5	成層	中間	$\frac{1}{256}$

(6) 地球は太陽からエネルギーを得ているが、太陽放射の吸収量は緯度によって異なる。一方、地球からも地球放射としてその表面から宇宙にエネルギーを放出している。太陽放射の吸収量と地球放射の放出量の緯度分布を模式的に表した場合、最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は



(7) HR図（ヘルツシュプルング・ラッセル図）について述べた次の文中の空欄に入る語句や記号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

下図のように、縦軸に絶対等級を、横軸にスペクトル型をとった図をHR図という。この図では、右にある恒星ほど表面温度が 。一般に、HR図の右上部分（ア）に分布する恒星を 、HR図の左上から右下にかけて（イ）分布する恒星を主系列星、HR図の左下（ウ）に分布する恒星を と呼び、太陽程度の質量をもつ恒星は、 の順に進化する。



- | | A | B | C | D |
|---|----|------|------|-----------------|
| 1 | 低い | 赤色巨星 | 白色矮星 | (イ) → (ア) → (ウ) |
| 2 | 低い | 白色矮星 | 赤色巨星 | (ア) → (イ) → (ウ) |
| 3 | 高い | 白色矮星 | 赤色巨星 | (ウ) → (イ) → (ア) |
| 4 | 高い | 赤色巨星 | 白色矮星 | (イ) → (ア) → (ウ) |
| 5 | 低い | 赤色巨星 | 白色矮星 | (ア) → (イ) → (ウ) |

(8) 1929年にハッブルは、遠くの銀河ほど後退速度（遠ざかる速度）が大きいということを発見した。これをハッブルの法則という。銀河が遠ざかる速度を v 、銀河までの距離を r とすると、ハッブルの法則は、

$$v = Hr$$

という式で表され、比例定数の H をハッブル定数という。

ハッブル定数が20km/s/100万光年だとすると、宇宙の年齢はおよそ何年と考えられるか。最も適切なものを1～5から一つ選べ。ただし、光速を30万 km/sとする。解答番号は

- 1 1.0×10^{10} 年
- 2 1.5×10^{10} 年
- 3 2.0×10^{10} 年
- 4 1.0×10^{12} 年
- 5 1.5×10^{12} 年

(9) 2018年には火星が地球に大接近する。次のページにある「2018年の火星に関する表」を参考に、火星の様子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を1～5から一つ選べ。解答番号は

- A 火星が地球に最接近しても、地球から火星までの距離は地球から太陽までの距離より遠い。
B 火星などの惑星が、天球上を西から東へ移動することを「逆行」という。
C 7月11日の火星の明るさは、見かけの等級が0等級の星の10倍の明るさである。

- | | A | B | C |
|---|---|---|---|
| 1 | 正 | 正 | 誤 |
| 2 | 正 | 誤 | 誤 |
| 3 | 誤 | 正 | 正 |
| 4 | 誤 | 誤 | 正 |
| 5 | 誤 | 誤 | 誤 |

2018年の火星に関する表（4月2日～9月29日）

月 日	赤経 (H m)	赤緯 (° ′)	距離 (天文単位)	等級	視半径 (′)
4 2	18 37.5	-23 32	1.10	+0.3	4.3
4 12	19 1.0	-23 21	1.01	+0.1	4.6
4 22	19 23.3	-23 2	0.92	-0.2	5.1
5 2	19 44.1	-22 39	0.84	-0.4	5.6
5 12	20 3.2	-22 15	0.76	-0.7	6.2
5 22	20 19.9	-21 55	0.68	-0.9	6.9
6 1	20 33.9	-21 43	0.61	-1.2	7.6
6 11	20 44.4	-21 45	0.55	-1.5	8.5
6 21	20 50.6	-22 6	0.49	-1.8	9.5
7 1	20 51.9	-22 48	0.45	-2.2	10.4
7 11	20 48.0	-23 46	0.41	-2.5	11.3
7 21	20 39.4	-24 52	0.39	-2.7	11.9
7 31	20 28.3	-25 49	0.38	-2.8	12.2
8 10	20 17.6	-26 24	0.39	-2.6	12.0
8 20	20 10.3	-26 28	0.41	-2.4	11.4
8 30	20 8.3	-26 5	0.44	-2.2	10.6
9 9	20 12.0	-25 18	0.48	-1.9	9.7
9 19	20 21.0	-24 13	0.53	-1.6	8.9
9 29	20 34.3	-22 51	0.58	-1.4	8.1

天文年鑑2018「火星のこよみ」より作成（各値は地球時0時のもの）

赤経・赤緯：場所や日時に関係なく、天球上の位置を表す

距離：地球－火星間の距離

等級：火星の見た目の明るさ

視半径：火星の見た目の大きさ

4 次の(1)～(8)の問いに答えよ。

(1) 円形の凸レンズで太陽光線を紙の上に集める実験を行った。太陽光線は十分に平行とみなせるので、凸レンズ及び紙を太陽光線に垂直になるように置くと、写真のように「光の円」が紙の上に観察された。凸レンズと紙の間の距離が6.0cmのとき、光は紙の上でちょうど一点に集まっていたが、凸レンズと紙の間の距離が7.2cmのとき、「光の円」の大きさは直径1.5cmであった。「光の円」の大きさが直径2.0cmとなるときの、凸レンズと紙の間の距離として、最も適切なものを1～5から一つ選べ。ただし、光の色収差、及び凸レンズの厚さは考えなくてよいものとする。

解答番号は

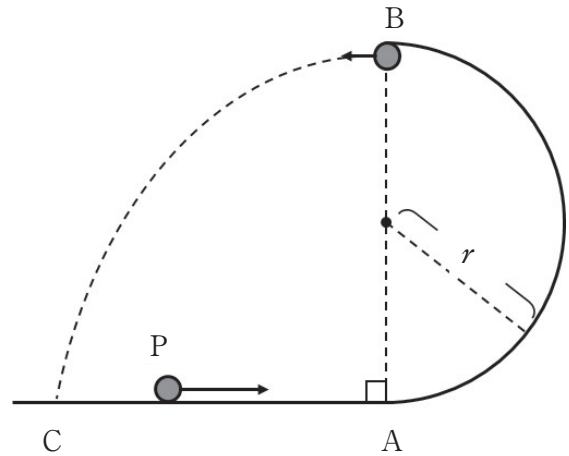


- 1 7.6cmのみ 2 4.4cmと7.6cm 3 8.4cmのみ
4 9.6cmのみ 5 4.8cmと9.6cm

(2) 太陽の周りを公転する惑星の運動についてはケプラーの法則が成り立つとする。地球及び木星が、それぞれ太陽を1つの焦点とする楕円軌道を公転しているとみなすと、木星軌道の長軸の長さは地球軌道の長軸の長さの5.2倍である。木星の公転周期は地球の公転周期の何倍か。最も適切なものを1～5から一つ選べ。解答番号は

- 1 2.6倍 2 3.0倍 3 12倍
4 27倍 5 1.4×10^2 倍

(3) 右図のように、半径 r の半円筒内面の一部である曲面が水平面上に固定されており、曲面の下端 A と上端 B を結んだ直線は水平面と垂直である。物体の運動は半円筒の中心軸に垂直な 1 つの平面内でのみ起こると考えてよい。



いま、大きさの無視できる物体 P を水平面から A に向かって打ち出すと、P は A を通過した直後からなめらかに円運動に移行した。その後、P は曲面からはなれることなく B まで達し、B から水平に飛び出し、水平面上の

点 C に落下した。ただし、重力加速度の大きさを g とし、水平面及び曲面と P との間に摩擦はなく、空気による抵抗は無視できるものとする。次のア、イの問いに答えよ。

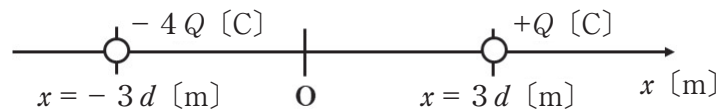
ア P が曲面からはなれることなく B まで達するための、P が A を通過する直前の速さの最小値はいくらか。正しいものを 1～5 から一つ選べ。解答番号は

- 1 \sqrt{gr} 2 $\sqrt{2gr}$ 3 $\sqrt{3gr}$ 4 $2\sqrt{gr}$ 5 $\sqrt{5gr}$

イ P が曲面からはなれることなく B から水平に飛び出したときの、A C 間の距離の最小値はいくらか。正しいものを 1～5 から一つ選べ。解答番号は

- 1 r 2 $\sqrt{2}r$ 3 $2r$ 4 $2\sqrt{3}r$ 5 $2\sqrt{5}r$

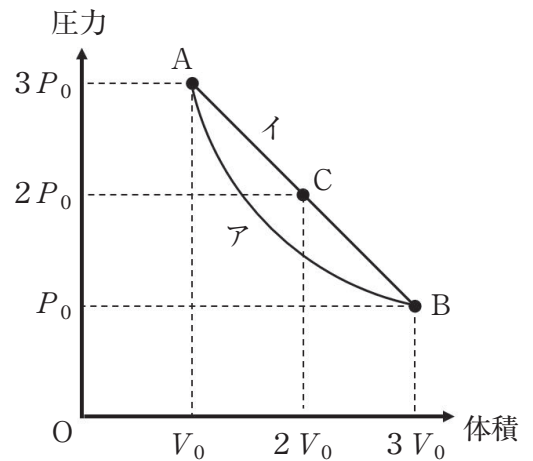
(4) x 軸上の $x = -3d$ [m] の位置に $-4Q$ [C] の電気量を持った物体を、 $x = 3d$ [m] の位置に $+Q$ [C] の電気量を持った物



体をそれぞれ固定した。さらに $+q$ [C] の電気量を持った物体 P を静かに置いたとき、P が静止したままであるような x 軸上の点の位置として、正しいものを 1～5 から一つ選べ。ただし、全ての物体の大きさは無視してよいものとする。解答番号は

- 1 $x = -9d$ [m] 2 $x = -d$ [m] 3 $x = d$ [m]
 4 $x = 5d$ [m] 5 $x = 9d$ [m]

(5) 一定量の理想気体が、内部の温度を調整できる断熱容器内に密閉されている。右のグラフ中の曲線アと線分イは、容器内部の理想気体の状態を、A（圧力 $3P_0$ 、体積 V_0 ）からB（圧力 P_0 、体積 $3V_0$ ）まで、2通りの過程で変化させたときの、理想気体の圧力と体積の関係をそれぞれ示したものである。アは、理想気体の温度を一定に保ったまま変化させた過程を示している。イは、C（圧力 $2P_0$ 、体積 $2V_0$ ）を経て変化させた過程を示している。次の記述のうち、最も適切なものを1～5から一つ選べ。



解答番号は

- 1 イにおいても、理想気体の温度は常に一定である。
- 2 イにおいては、Cでの理想気体の温度が最も高い。
- 3 AからBまでの、理想気体の内部エネルギーの変化は、アよりイの方が小さい。
- 4 AからBまでに理想気体が吸収した熱量は、アよりイの方が小さい。
- 5 AからBまでに理想気体が外部にした仕事は、アよりイの方が小さい。

(6) 波の速さ、波長及び振幅が等しく、互いに逆向きに進行する2つの平面波がある。それぞれの平面波は正弦波であり、図1における実線（———）は左向きに進む平面波のある瞬間の山の位置を、破線（-----）は右向きに進む平面波のある瞬間の山の位置をそれぞれ表しているものとする。2つの平面波の干渉によって生じる定常波の腹の位置を点線（.....）で表したものとして、最も適切なものを1～5から一つ選べ。なお、各図中には図1と同様の実線と破線も参考のために示している。解答番号は

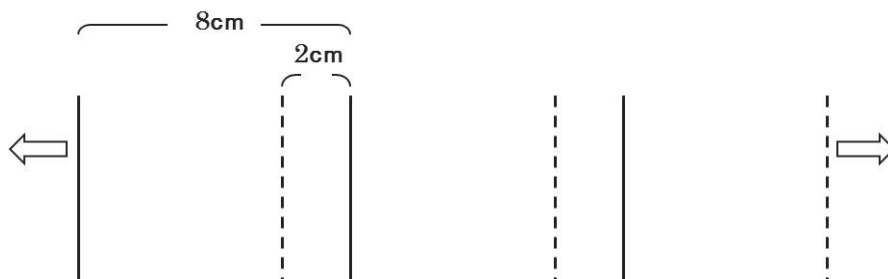
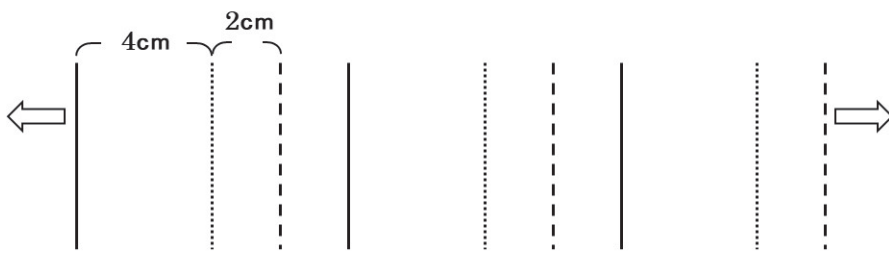
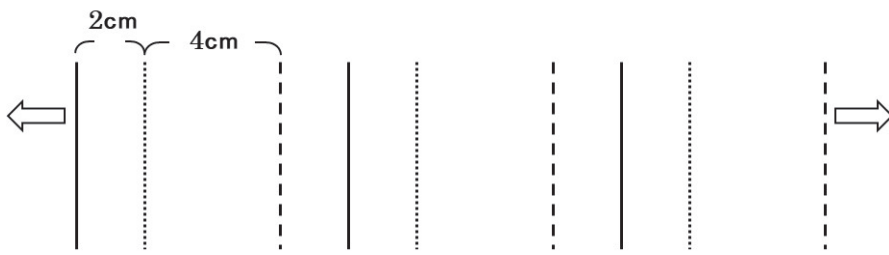


図1

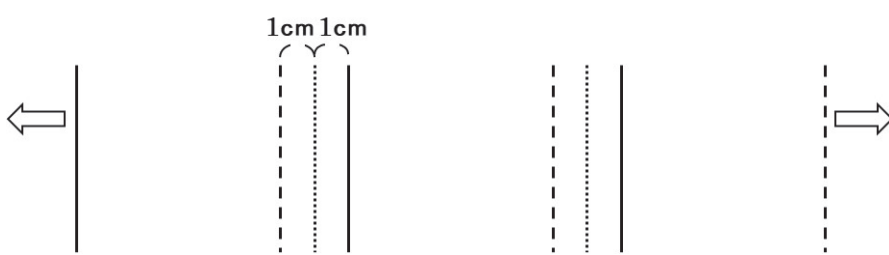
1



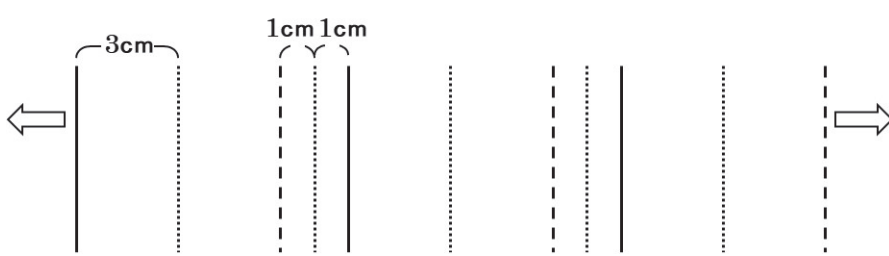
2



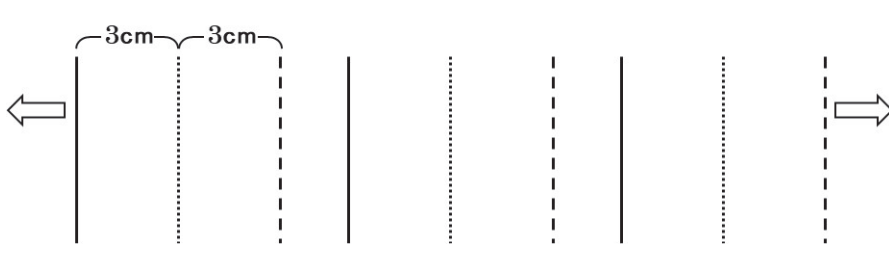
3



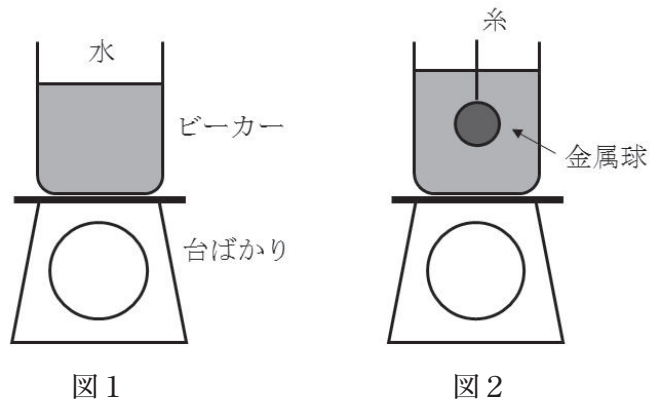
4



5



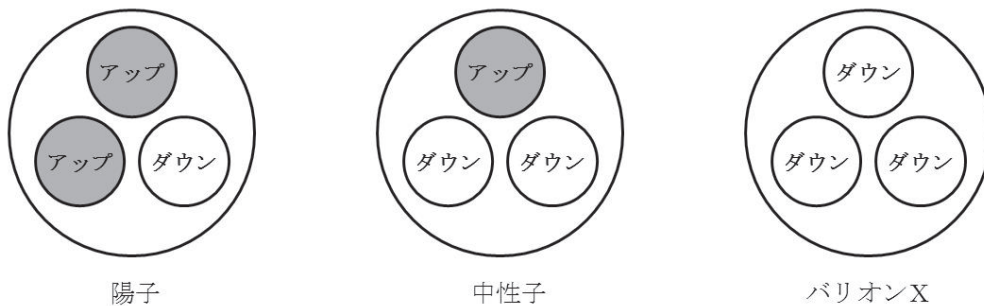
(7) 図1のように、一定量の水の入ったビーカーの重さを台ばかりで測ると W であった。次に、図2のように、質量及び太さの無視できる糸の一端に、密度が一樣な金属球を結びつけ、他端を持って、金属球をビーカーの水中で静止させた。金属球全体が水の中につかかっており、かつ、金属球がビーカーに触れていないとき、糸が金属球を引



く力の大きさは T であり、台ばかりがビーカーから受ける力の大きさは W' であった。水の密度を ρ 、重力加速度の大きさを g とするとき、金属球の体積として、正しいものを 1～5 から一つ選べ。解答番号は

- 1 $\frac{W' - W}{\rho g}$ 2 $\frac{W' - W}{\rho}$ 3 $\frac{W' - T}{\rho g}$
 4 $\frac{W' - T}{\rho}$ 5 $\frac{W' - W + T}{\rho g}$

(8) 陽子や中性子などの「バリオン」と呼ばれる粒子群が、それぞれ3つの「クォーク」で構成され、なおかつ、各バリオンが持つ電気量は、そのバリオンを構成する3つのクォークが持つ電気量の和で表されるというモデルを考える。電気量 $+e$ (ただし $e > 0$) を持つ陽子はアップクォーク2つとダウルクォーク1つで構成され、電気量を持たない中性子はアップクォーク1つとダウルクォーク2つで構成されるとするとき、ダウルクォーク3つで構成される、あるバリオン X が持つ電気量として、正しいものを 1～5 から一つ選べ。解答番号は

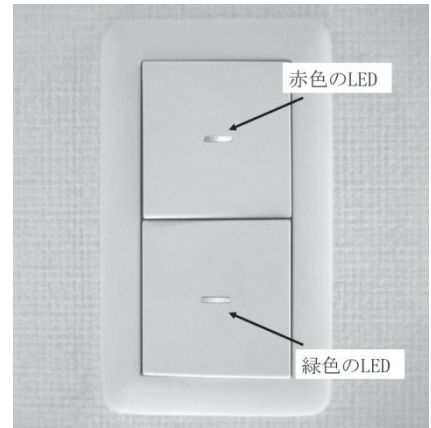


- 1 $+2e$ 2 $+e$ 3 0 4 $-e$ 5 $-2e$

5 写真のようなスイッチのランプをはじめとして、いまや発光ダイオード (LED) は日常生活のいたるところに使われている。

そこで、様々な種類のLEDを用いて、あとに示す【実験1】～【実験3】を行う中で、歴史的にも非常に重要な物理量であるプランク定数を求めたい。

次の(1)～(5)の問いに答えよ。(1)、(2)、(5)の問いについては、解答に至るまでの過程も示すこと。また、解答欄のグラフへの記入については、グラフ中に作図の過程を必ず残しておくこと。



【実験1】

LED、 $1.0 \times 10^2 \Omega$ の抵抗R、電圧3.0Vの電源装置E、スイッチSを図1のように接続したあと、Sを閉じ、回路に流れる電流の大きさを調べる。

【実験2】

LED、 $1.0 \times 10^2 \Omega$ の抵抗R、電源装置E'、両端の端子aと端子bの間の抵抗が 30Ω のすべり抵抗器X、スイッチSを図2のように接続する。E'の電圧を5.0Vに固定し、すべり抵抗器のもう一方の端子pの位置が、はじめは端子bの位置に重なった状態でSを閉じる。端子pを、端子bの位置から端子aの方向にゆっくりと移動させていき、LEDが点灯しはじめた瞬間に、LEDの両端にかかっている電圧を調べる。

【実験3】

回折格子を通して、点灯したLEDから発せられた光を観察し、その光の波長を調べる。

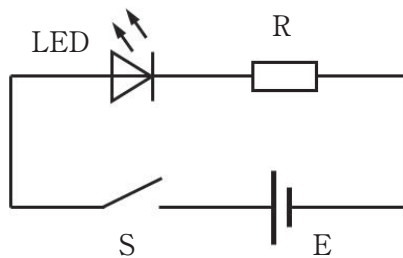


図1

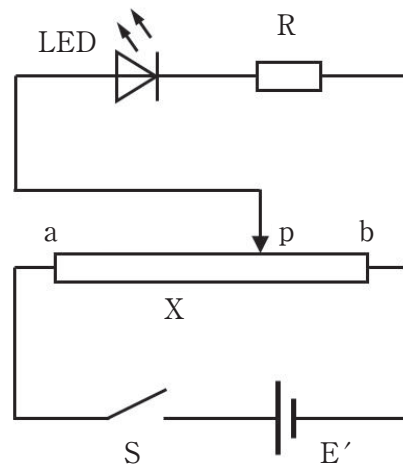


図2

ただし、LEDに電流が流れはじめた瞬間にLEDが点灯したとみなすものとし、また、電源装置の内部抵抗、導線の抵抗は無視してよいものとする。

- (1) 【実験1】で用いたLEDについては、LEDの両端にかかる電圧とLEDを流れる電流の関係が、図3のようなグラフで表されることがあらかじめわかっているとす。【実験1】において、Sを閉じてから図1の回路に流れる電流の大きさは何mAか。

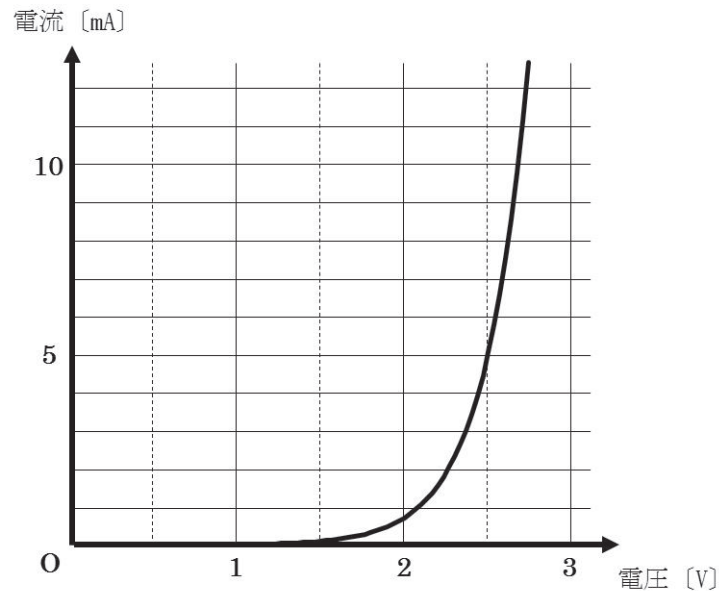


図3

- (2) 【実験2】において、あるLEDについては、LEDの両端にかかる電圧が1.6Vを超えると点灯しはじめた。このLEDが点灯しはじめたのは、 p - n 間の抵抗が何 Ω より大きくなったときだと言えるか。
- (3) 回折格子には、透明なガラスの一方の面に平行で等間隔の細かなすじが多数入っており、すじとすじの間の透明な部分を通過した光どうしが互いに干渉する。【実験3】において赤と緑のLEDの光をそれぞれ観察したとき、どちらの場合でも、LEDの両隣りにも像が見えた。LEDの方向と隣りの像の方向とのなす角の大きさが、赤と緑の場合でどのように異なるかを、その理由とともに100字程度で述べよ。

【実験2】においてLEDが点灯しはじめた瞬間にLEDの両端にかかっていた電圧 V [V] を測定し、【実験3】において点灯したLEDの光のピーク波長（最も強度の強い波長） λ [m] を推定したとする。

(4) 下の【仮定】をおいたとき、ピーク波長 λ 、プランク定数 h [J・s]、電気素量 e [C]、光の速さ c [m/s] を用いて、電圧 V を表せ。

【仮定】

- ・LEDから発せられる光は、波長 λ の単色光として近似できる。
- ・LED内部で1対の電子と正孔が結合すると、波長 λ の光子が1個放出される。
- ・1対の電子と正孔が結合する際に発生するエネルギーは、ちょうど eV [J] に相当する。
- ・1対の電子と正孔が結合する際に発生するエネルギーは、光子1個分のエネルギーに全て変換される。

(5) 下の表は、【実験2】及び【実験3】をそれぞれ赤、緑、青の3種類のLEDについて行った結果をまとめたものである。これらの結果と(4)の問いで示した【仮定】から、プランク定数 h [J・s] を求めたい。次のア、イの問いに答えよ。

ア 縦軸に電圧 V [V] をとったグラフをかく場合、「横軸にどのような量を取り、そのグラフをどのように活用すれば、 h を求められるか」を述べよ。

イ アで述べたグラフを具体的にかき、それに基づいた h を計算せよ。ただし、電気素量は $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C、光の速さは $c = 3.0 \times 10^8$ m/s とする。

	赤	緑	青
電圧 V [V]	1.6	2.1	2.2
ピーク波長 λ [m]	6.3×10^{-7}	5.3×10^{-7}	4.7×10^{-7}

