

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。

I 下の(1)～(8)の各問いに答えよ。また、原子量は次のとおりとする。H = 1.0、C = 12、N = 14、O = 16、S = 32、Cl = 35.5、Cu = 64

(1) 次の操作A～Dは、混合物から目的の物質を取り出す操作である。それぞれの操作の名称をあらわす正しい組み合わせはどれか。1～5の中から一つ選べ。解答番号は

- A 少量の食塩が混ざったミョウバンを高温の水に溶かし、その後この水溶液を冷却してミョウバンを取り出した。
- B 活性炭を混ぜた水から、活性炭を取り出した。
- C コーヒー豆を砕いてお湯を注ぎ、豆の成分を湯に溶かし出した。
- D 海水を加熱して生じる気体を冷却し、液体の水を取り出した。

	A	B	C	D
1	再結晶	抽出	ろ過	蒸留
2	再結晶	ろ過	抽出	分留
3	蒸留	抽出	ろ過	蒸留
4	再結晶	ろ過	抽出	蒸留
5	蒸留	抽出	ろ過	分留

(2) ある物質Xにおいて、次のAとBの実験結果が得られた。物質Xの化学式として考えられるものはどれか。1～5の中から一つ選べ。解答番号は

- A 物質Xの水溶液に硝酸銀水溶液を加えると、白色沈殿が生じた。
- B 物質Xの水溶液を白金線につけてバーナーの外炎に近づけると、炎の色は橙色に変化した。

1 KCl 2 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 3 CaCl_2 4 CuSO_4 5 KNO_3

(3) 一定の圧力下で、次のA～Dについて、正しいものに○、誤っているものに×をつけるとき、正しい組み合わせはどれか。1～5の中から一つ選べ。解答番号は 3

- A ある純物質において、固体・液体・気体のうち、物質をつくる粒子の熱運動が最も激しいのは気体である。
- B 同じ質量におけるすべての物質の体積は、つねに固体<液体<気体である。
- C ある量の純物質の液体が沸騰しているとき、液体の温度は一定である。
- D 同じ純物質において、凝固点と融点は異なる。

	A	B	C	D
1	×	○	○	○
2	○	×	○	×
3	×	○	×	○
4	○	×	×	×
5	○	○	○	×

(4) 次のA～Cのすべての性質をもつ気体は何か。最も適しているものを1～5のうち一つ選べ。
解答番号は 4

- A 無色透明で、刺激臭がある。
- B 空気より重い。
- C 水に非常に溶けやすく、水溶液は酸性を示す。

1 アンモニア 2 塩化水素 3 メタン 4 二酸化窒素 5 塩素

(5) 銅粉1.3 gを空気中で加熱した。その後、質量を測定すると1.5 gであった。このとき、酸素と反応せずに残った銅粉は何gか。1～5の中から一つ選べ。解答番号は

1 0.20 g 2 0.30 g 3 0.40 g 4 0.50 g 5 0.60 g

(6) 質量パーセント濃度17%の硫酸アンモニウム水溶液120 gと質量パーセント濃度12%の硫酸アンモニウム水溶液80 gを混合したとき、質量パーセント濃度は何%になるか。1～5の中から一つ選べ。解答番号は

1 13% 2 14% 3 15% 4 16% 5 17%

(7) 亜鉛の金属片を硫酸銅水溶液に入れたときの、金属片と水溶液の変化として最適な組み合わせはどれか。1～5の中から一つ選べ。解答番号は

- 1 金属片の表面に赤褐色の固体が付着した。水溶液の青色がうすくなった。
- 2 金属片に変化は見られず、水溶液にも変化は見られなかった。
- 3 金属片の表面に赤褐色の固体が付着した。水溶液に変化は見られなかった。
- 4 金属片に変化は見られず、水溶液の青色がうすくなった。
- 5 金属片の表面に赤褐色の固体が付着した。水溶液の青色が濃くなった。

(8) ある濃度の水酸化ナトリウム水溶液25 cm³に、BTB溶液を加えた後で少しずつある濃度の塩酸を加えた。このとき、塩酸を45 cm³加えたところでBTB溶液が緑色に変わった。その後、同じ水酸化ナトリウム水溶液35 cm³に、同じ塩酸を65 cm³加えたとき、水溶液中に含まれる数が最も多いイオンとして考えられるものはどれか。1～5の中から一つ選べ。ただし、水の電離は考えないものとする。解答番号は

- 1 ナトリウムイオン
- 2 水酸化物イオン
- 3 バナジウムイオン
- 4 水素イオン
- 5 塩化物イオン

2 次の(1)、(2)の問いに答えよ。

(1) 動物の恒常性に関する次の文章を読み、次の問いに答えよ。

鳥類や哺乳類などの恒温動物では、外界の温度の変化に対して、体温は一定の範囲内に保たれている。ヒトの場合、外界の温度が高いときは、発汗によって体温を下げるなどの反応が起こる。外界の温度が低いときは、AチロキシンなどのBホルモンの分泌促進によって、熱の発生量が増加する。体温以外にも、C血糖の濃度やpHなどの体内環境の調節には、自律神経系による調節と、ホルモンによる調節とがある。これらの調節の中樞は(a)にある。例えば、自律神経系による調節では、(a)の活動によって(b)のはたらきが強まると、胃や腸の活動が抑制される。ホルモンによる調節では、(a)が放出ホルモンを分泌して(c)を刺激すると、(c)からの副腎皮質刺激ホルモンの分泌が促進される。

ア 下線部Aに関する記述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 骨の発達、タンパク質の合成、体全体の成長を促進する。
- 2 脳下垂体前葉からの甲状腺刺激ホルモンの分泌を抑制する。
- 3 血液中の Na^+ と K^+ の量を調節する。
- 4 腎臓での水の再吸収を促進する。
- 5 血液中のカルシウム濃度が高くなると、副甲状腺から分泌が抑制される。

イ 下線部Bについて述べた次の①～③の正誤の組み合わせとして、最も適切なものはどれか。

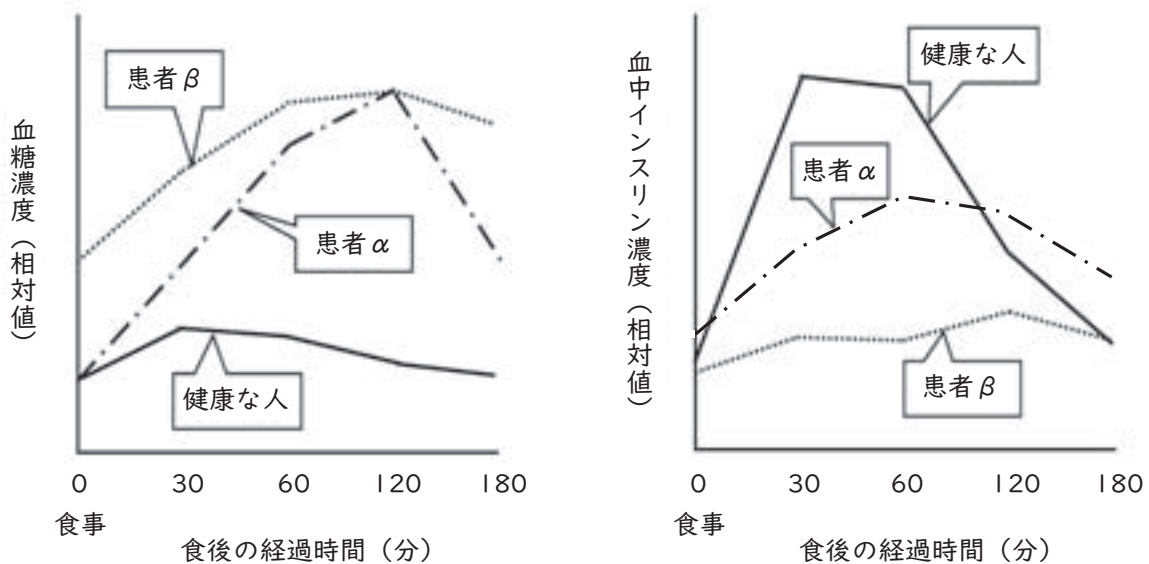
1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① 標的細胞は、特定のホルモンに結合する受容体をもつ。
- ② 1種類の標的器官には、1種類のホルモンがはたらく。
- ③ ホルモンの種類は、血糖濃度を上昇させるものより、血糖濃度を下げるものの方が多い。

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

ウ 下線部Cに関して、健康な人、糖尿病患者 α および糖尿病患者 β における、食事開始後の血糖濃度と血中インスリン濃度の変化を、時間経過とともに図に示した。次の①～④の説明のうち、正しいものの組み合わせとして、最も適切なものはどれか。図を参考にして、1～5から一つ選べ。

解答番号は



図

- ① 健康な人では、食事開始から2時間の時点で、血中インスリン濃度は食事開始前に比べて高く、血糖濃度は食事開始前の値に近づく。
- ② 糖尿病患者 α の食事開始後の血中インスリン濃度は、健康な人の食事開始後の血中インスリン濃度と比較して急激に上昇する。
- ③ 糖尿病患者 α は、血糖濃度ならびに血中インスリン濃度の推移から判断して、I型糖尿病と考えられる。
- ④ 糖尿病患者 β は、インスリンの分泌量が少ないので、血糖濃度がもとに戻りにくい。

1 ①、③ 2 ①、④ 3 ②、③ 4 ②、④ 5 ③、④

エ 文章中の(a)～(c)に入る語の組み合わせとして最も適切なものはどれか。1～5から1つ選べ。解答番号は

	(a)	(b)	(c)
1	視床下部	交感神経	脳下垂体前葉
2	視床下部	副交感神経	脳下垂体後葉
3	小脳	交感神経	脳下垂体前葉
4	小脳	副交感神経	脳下垂体後葉
5	小脳	交感神経	脳下垂体後葉

(2) 生物の特徴とそのはたらきに関する次の文章を読み、次の問いに答えよ。

生物のからだは、細胞からできており、その基本構造は①顕微鏡で観察できる。細胞では、さまざまな②代謝が行われている。代謝の過程では、化学反応に伴ってエネルギーの受け渡しが行われる。エネルギーの受け渡しは③ATPという物質によって行われる。

ア 下線部①に関連して、光学顕微鏡を用いてイカダモを観察した。次の文章中の(a)に入る数値として、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倍の接眼レンズと10倍の対物レンズを使い、1目盛りが1mmの100分の1である対物マイクロメートルと、接眼マイクロメートルを用いて、細胞の長さを測定した。その結果、細胞の長さは接眼マイクロメートルの3目盛りに相当した。このレンズの組み合わせのとき、接眼マイクロメートルの10目盛りは対物マイクロメートルの12目盛りに相当した。したがって、細胞の長さは(a) μm である。

1 12 2 24 3 36 4 48 5 60

イ 下線部②に関する記述として適切でないものはどれか。1～5から一つ選べ。

解答番号は

- 1 酵素には細胞内ではたらくものと、細胞外ではたらくものがある。
- 2 単純な物質に含まれる化学エネルギーよりも、複雑な物質に含まれる化学エネルギーのほうが大きい。
- 3 同化では、単純な物質から複雑な物質が合成される。
- 4 細胞内で行われる多くの化学反応は、触媒のはたらきをする酵素によって促進される。
- 5 酵素の活性が最大になるときのpHを最適pHといい、ペプシンの最適pHは8付近である。

ウ 下線部③に関して、次の文章中の(b)～(d)に入る語の組み合わせとして、最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

ATPは、塩基の一種である(b)と、糖の一種および(c)が結合した化合物である。ATPは(c)同士の結合が切れるときにエネルギーを放出する。呼吸(細胞呼吸)においては、(c)と(d)からATPが合成される。

	(b)	(c)	(d)
1	アデノシン	リボース	アデノシンニリン酸
2	アデノシン	リン酸	アデノシンニリン酸
3	アデノシン	リボース	アンモニア
4	アデニン	リン酸	アデノシンニリン酸
5	アデニン	リボース	アンモニア

エ 下線部③に関して、ATPがもつエネルギーは様々な生命活動で利用される。体重8.0 kgのある動物が以下の3つの性質をもつとき、この動物1個体が1日に消費するATPの総重量はおよそ何gか。最も近いものを1～5から1つ選べ。解答番号は

- ・ 一つの細胞は、 $8.4 \times 10^{-13} \text{g}$ のATPをもつ。
- ・ 一つの細胞は、1時間あたり $3.5 \times 10^{-11} \text{g}$ のATPを消費する。
- ・ 個体は、9兆 (9.0×10^{12}) 個の細胞で構成される。

1 0.45 g 2 4.5 g 3 $7.5 \times 10^2 \text{g}$ 4 $4.5 \times 10^3 \text{g}$ 5 $7.5 \times 10^3 \text{g}$

3 次の(1)～(4)の問いに答えよ。

(1) 地質について述べた次の①～③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

- ① 主に生物の遺骸などで作られた堆積岩の中で、塩酸と反応を示すのは、チャートである。
- ② 堆積岩には様々な種類があるが、かつて火山が噴火したことがわかるものとして、凝灰岩がある。
- ③ 石灰岩が接触変成作用を受けてできる変成岩は、ホルンフェルスである。

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

(2) 宇宙に関する次の問いに答えよ。

ア 太陽系について述べた次の①～③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

- ① 太陽系の惑星は、内部構造の違いから、地球型惑星と木星型惑星に分類されており、火星は地球型惑星に分類される。
- ② 太陽から見て、海王星よりも外側の軌道を公転している天体を太陽系外縁天体とよび、発見されているものは100個程度である。
- ③ 木星の衛星のうち、イオでは火山活動が確認されている。

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

イ 太陽について述べた次の文の空欄①～③にあてはまる語句として正しいものを1～5から一つ選べ。解答番号は

現在の太陽は、恒星が過ごす一生のうち最も長い期間となる（ ① ）という段階である。

この期間が過ぎると、太陽の水素の核融合反応がその中心部で起こらず、核（ヘリウムの核）の外側の球殻状の領域で起こるようになり、太陽が膨張して（ ② ）という段階になる。このあと、太陽は惑星状星雲という段階を経て、やがてその中心部に（ ③ ）と呼ばれている天体だけが残し、恒星としての最後を迎える。

	①	②	③
1	赤色巨星	白色矮星	主系列星
2	主系列星	白色矮星	赤色巨星
3	白色矮星	赤色巨星	主系列星
4	主系列星	赤色巨星	白色矮星
5	白色矮星	主系列星	赤色巨星

(3) 地震に関する次の問いに答えよ。

次の表は、ある震源の浅い地震によるA地点、B地点におけるゆれの始まった時刻を表している。

〔表〕

	初期微動の開始時刻	主要動の開始時刻
A 地点	13時45分53秒	13時46分01秒
B 地点	13時45分57秒	13時46分09秒

ア A地点の震源距離は64 kmであった。B地点の震源距離は何kmになると考えられるか。

最も適切なものを、次の1～5から一つ選べ。 解答番号は

- 1 48km 2 64km 3 96km 4 128km 5 192km

イ この地震におけるP波の速度は8 km/sで一定であった。震源距離が160kmであるC地点における主要動の開始時刻として、最も適切なものを、次の1～5から一つ選べ。 解答番号は

- 1 13時46分15秒
2 13時46分25秒
3 13時46分35秒
4 13時46分45秒
5 13時46分55秒

ウ この地震のA地点における震央距離は40kmであった。この地震の震源の深さは何kmか。

最も近い値のものを、次の1～5から一つ選べ。 解答番号は

- 1 20km
2 35km
3 50km
4 65km
5 80km

(4) 火山に関する次の問いに答えよ。

ア 火山は噴火により周囲へ多くの火山噴出物を放出する。つぎの火山噴出物に関する問いにおける正しい解答の組み合わせを、1～5から一つ選べ。解答番号は 23

- ① 火山噴出物に、火山ガスがある。火山ガス中に最も多く含まれるものは何か。
- ② 地表に噴出したマグマの粘性が低かったことを示す表面構造を何というか。
- ③ 粒子の直径が64mmより大きい火山碎屑物を何というか。
- ④ 表面にガスがぬける際にできた無数の穴があいている火山碎屑物のうち、黒っぽい色をしたものを何というか。

	①	②	③	④
1	水蒸気	塊状溶岩	火山礫 ^{れき}	軽石
2	水蒸気	縄状溶岩	火山岩塊	スコリア
3	水蒸気	縄状溶岩	火山礫 ^{れき}	軽石
4	二酸化炭素	塊状溶岩	火山礫 ^{れき}	スコリア
5	二酸化炭素	縄状溶岩	火山岩塊	軽石

イ マグマが冷え固まってできた岩石を火成岩という。つぎの火成岩に関する問いにおける正しい解答の組み合わせを、1～5から一つ選べ。解答番号は 24

- ① 火成岩のうち、マグマが地表付近で急に冷え固まってできたものを何というか。
- ② 石基の部分がなく、器具を用いなくても見分けられるぐらい十分に成長した粗粒の鉱物からなる火成岩の組織を何というか。
- ③ マグマが地層面を切るように貫入した岩体を何というか。

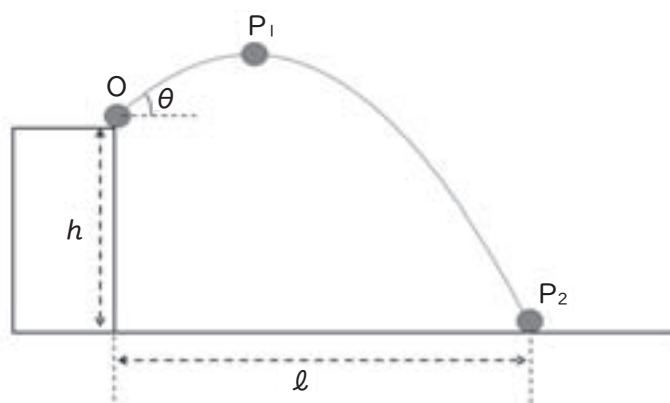
	①	②	③
1	火山岩	斑状組織	岩脈
2	深成岩	斑状組織	岩床
3	火山岩	等粒状組織	岩床
4	深成岩	等粒状組織	岩脈
5	火山岩	等粒状組織	岩脈

4 次の(1)～(8)の問いに答えよ。

(1) 次の文中の空欄(ア)、(イ)、(ウ)に入るものの組み合わ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 25

図のように地表からの高さ h の建物の屋上から速さ v_0 、水平面から θ の角度で物体を斜方投射したとき、発射した直後の位置を点O、最高点を点 P_1 、地表へ着く直前の位置を点 P_2 とする。次のA～Dの図はいずれかが加速度もしくは速度の様子を表すものとする。各点における加速度を矢印で表した図として最も適切なものはA～Dのうち(ア)であり、各点における速度を矢印で表した図として最も適切なものはA～Dのうち(イ)である。ただし、物体にはたらく空気抵抗は無視できるものとし、矢印の向きは加速度もしくは速度の向き、矢印の長さは加速度もしくは速度の大きさを表すものとする。

また、図のように建物と P_2 との間の水平距離を ℓ としたときの h と ℓ の関係は(ウ)である。重力加速度の大きさを g とする。



図



(ア) (イ)

(ウ)

1 A B $h = \ell \tan \theta + \frac{g\ell^2}{2(v_0 \cos \theta)^2}$

2 B D $h = -\ell \tan \theta + \frac{g\ell^2}{2(v_0 \cos \theta)^2}$

3 C B $h = -\ell \sin \theta + \frac{g\ell^2}{2(v_0 \cos \theta)^2}$

4 C B $h = -\ell \tan \theta + \frac{g\ell^2}{2(v_0 \cos \theta)^2}$

5 B D $h = -\ell \sin \theta + \frac{g\ell^2}{2(v_0 \cos \theta)^2}$

(2) ロケットが速さ $2.0 \times 10^4 \text{ km/h}$ で進んでいる。このロケットは最初燃料も含めて質量 $3.9 \times 10^4 \text{ kg}$ であり、ロケットはその状態から質量 $2.0 \times 10^4 \text{ kg}$ の燃料を後方に噴射した。噴射後、燃料はロケットからみて速さ $1.5 \times 10^4 \text{ km/h}$ で遠ざかった。噴射後のロケットの速さは何 km/h か。最も適切なものを1～5から一つ選べ。ただし、重力や空気抵抗は考えないものとし、燃料の噴射は一瞬で行われたものとする。また、ロケット及び燃料の運動は一直線上で起こるものとする。

解答番号は

- | | | | | | |
|---|--------------------------------|---|--------------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | $6.8 \times 10^4 \text{ km/h}$ | 2 | $5.7 \times 10^4 \text{ km/h}$ | 3 | $4.8 \times 10^4 \text{ km/h}$ |
| 4 | $3.7 \times 10^4 \text{ km/h}$ | 5 | $2.8 \times 10^4 \text{ km/h}$ | | |

(3) 音や光の性質について述べた次のア～オの文のうち、誤りを含む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 27

ア 地面に対して音が空気中を伝わる速さは、風による影響を受けない。

イ サイレンを鳴らした車が静止している観測者の前を通過するとき、観測者が観測する音は、もとのサイレンの音の高さより、車が近づいている間は低くなり、遠ざかっている間は高くなる。

ウ 晴れた日の昼間に空が青く見えるのは、赤色より波長の短い青色の光の方が散乱されやすいからである。

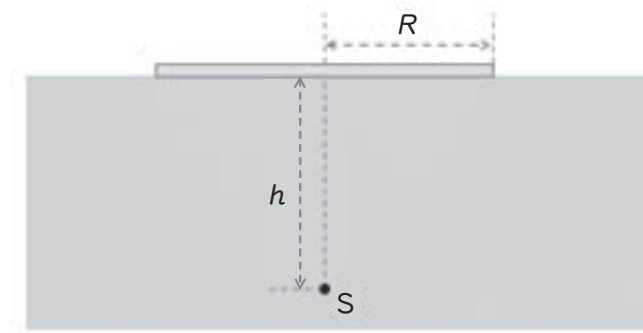
エ 白色光をプリズムに当てると、プリズムによって屈折した光は様々な波長の光に分かれる。

オ 光を2枚の平行な偏光板に通して、2枚を平行に保ったまま片方の偏光板のみを回転させると明るくなったり暗くなったりすることは、光が縦波であることを表している。

1 アイオ 2 ウエオ 3 アイウオ 4 イエ 5 エ

(4) 図のように水面から深さ h の位置に点光源 S がある。水面に半径 R の円盤を、その中心が S の真上にくるように浮かべ、空気中からどのように水中をながめてもこの S が見えないようにする。そのとき、 R の最小値はいくらか。1 ~ 5 から一つ選べ。ただし、空気に対する水の屈折率を n とし、水面は波立っていないとする。また、円盤の板の厚さと S の大きさは無視するものとする。

解答番号は 28

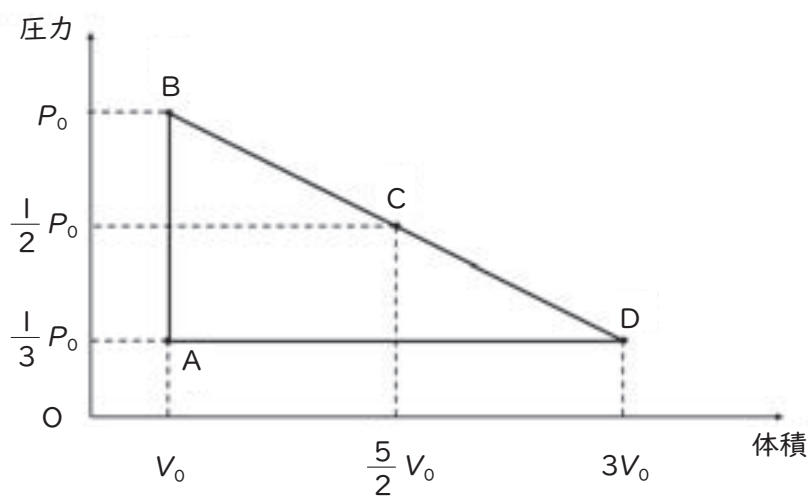


図

- 1 $\frac{h}{\sqrt{n^2-1}}$ 2 $\frac{h}{n^2-1}$ 3 $\frac{h}{n-1}$ 4 $\frac{h}{\sqrt{1-\frac{1}{n^2}}}$ 5 $\frac{h}{\sqrt{1-\frac{1}{n}}}$

(5) 1 molの単原子分子の理想気体が容器に閉じ込められている。気体の状態を、図に示すように $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ と変化させる。ここで、点Cは線分BD上の点であり、過程 $B \rightarrow C$ では熱を常に吸収し、 $C \rightarrow D$ では熱を常に放出することがわかっている。なお、過程 $A \rightarrow B$ では体積が一定、過程 $D \rightarrow A$ では圧力が一定である。次の文中の空欄（ア）、（イ）、（ウ）に入るものの組み合わ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 29

気体は、過程 $A \rightarrow B$ で熱を（ア）し、 $D \rightarrow A$ で（イ）する。状態変化 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ のサイクルを熱機関とみなしたときの熱効率は（ウ）である。なお、気体定数を R として、定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ 、定圧モル比熱は $\frac{5}{2}R$ とする。



図

	(ア)	(イ)	(ウ)
1	放出	吸収	$\frac{4}{13}$
2	吸収	放出	$\frac{4}{15}$
3	吸収	放出	$\frac{16}{33}$
4	吸収	吸収	$\frac{16}{33}$
5	放出	吸収	$\frac{4}{15}$

(6) 図のように、 x 軸上の点 $A(-d, 0)$ に電気量 $Q (> 0)$ の点電荷 a を固定する。次に、電気量 $Q (> 0)$ で質量 m の点電荷 b を速さ v_0 で点 $B\left(\frac{3}{4}d, 0\right)$ から原点 O に向かって射出した。この点電荷 b が原点 O に到達するために必要な速さ v_0 の最小値はいくらか。1 ~ 5 から一つ選べ。ただし、この点電荷 b は x 軸上を運動するものとし、クーロンの法則の比例定数を k とする。

解答番号は 30



図

- 1 $Q\sqrt{\frac{2k}{5md}}$ 2 $Q\sqrt{\frac{7k}{6md}}$ 3 $\frac{Q}{7}\sqrt{\frac{33k}{md}}$ 4 $\frac{Q}{7d}\sqrt{\frac{33k}{m}}$ 5 $Q\sqrt{\frac{6k}{7md}}$

(7) 図1のような装置で光電効果を調べる。この装置は回路内の可変抵抗によって電極PとKの電位差を変えることができる。単色光を光電管にあて、Pの電位 V と光電流 I の関係を調べたところ、図2のようなグラフが得られた。ただし、 $V_0 > 0$ である。また、電極を変えずに様々な振動数 ν の光を当てて、飛び出してくる電子の運動エネルギーの最大値を測定すると、図3のようなグラフが得られた。なお、プランク定数を h とし、電極Pでの光電効果は無視できるものとする。次のア～エ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 31

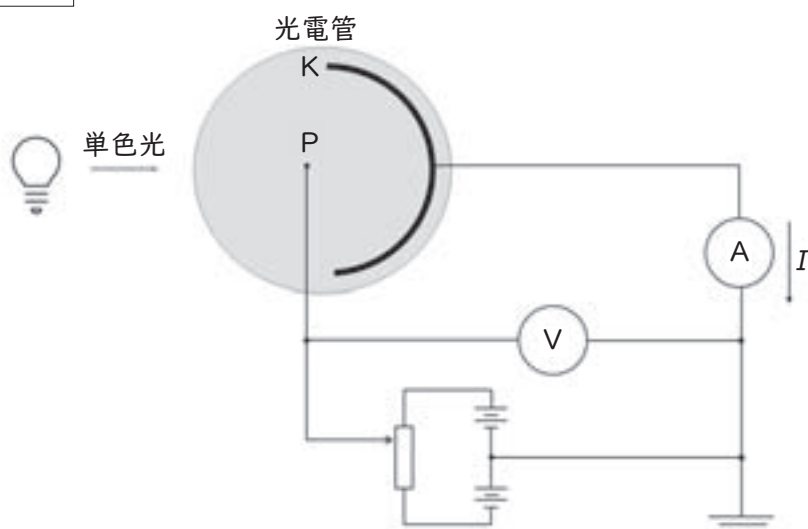


図1

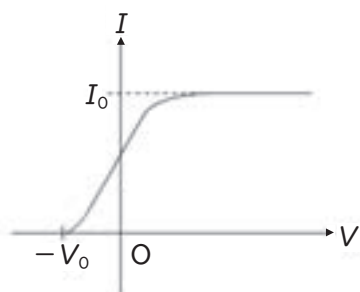


図2

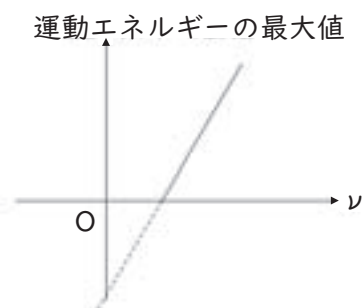


図3

ア 図3のグラフの傾きは $\frac{1}{h}$ である。

イ 金属内部の自由電子が仕事関数より大きなエネルギーを単色光から得る場合は、 $I = 0$ の時でも光電効果は起きている。

ウ 電極に別の金属を用いて様々な振動数 ν の光をあてた場合、縦軸を飛び出してくる電子の運動エネルギーの最大値、横軸を ν としたとき、グラフの傾きは、図3のグラフの傾きと同じになる。

エ 単色光の強さは一定のまま、光の振動数 ν を大きくすると、 V_0 の大きさは小さくなる。

1 アエ 2 イ 3 イウ 4 ウ 5 ウエ

- (8) ボーアの仮説について述べた次の文中の空欄 (ア)、(イ) に入るものの組み合わせとして最も適切なものを 1～5 から一つ選べ。ただし、プランク定数を h 、電気素量を e 、電子の質量を m 、真空中におけるクーロンの法則の比例定数を k_0 とする。解答番号は 32

ボーアの仮説では、水素原子内において、電子は原子核から静電気力を受け、速さ v で等速円運動しているが、量子条件が満たされている運動しかしない。この円軌道上では、電子は電磁波を出さずに、安定して存在できる。電子がとり得るこの特別な状態は定常状態と呼ばれる。定常状態での電子の軌道半径 r は、正の整数 n ($=1, 2, 3, \dots$)、ド・ブロイ波長 λ で (ア) のように記述できるので、とびとびの値をとることがわかる。ここから n 番目の定常状態にある電子がとり得る軌道半径 r は、 h, e, m, k_0, n を用いて (イ) と表すことができる。

(ア) (イ)

1 $r = \frac{n\lambda}{2\pi}$ $r = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 k_0 m e^2}$

2 $r = \frac{n\lambda}{\pi}$ $r = \frac{n^2 h^2}{\pi^2 k_0 m e^2}$

3 $r = \frac{n\lambda}{2\pi}$ $r = \frac{n^2 h^2}{4\pi k_0 m e^2}$

4 $r = \frac{n\lambda}{\pi}$ $r = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 k_0 m e^2}$

5 $r = \frac{\sqrt{n}\lambda}{\pi}$ $r = \frac{n^2 h^2}{4\pi^4 k_0 m e^2}$

- 5 スピーカーと発振器を使って系に定常波を発生させる実験を通して、系を伝わる波の性質についての探究を生徒に行わせたい。次の(1)～(3)の問いに答えよ。

(1) 図1は、実験で使用するスピーカーの構造を模式的に表したものであり、永久磁石とコイル、そして振動板からなる。ただし、コイルと振動板は接続されており一体となって運動するが、図ではその様子は省略されている。コイルに電流が流れるとコイル内に磁場が生じ、永久磁石がつくる磁場から力を受けることで、コイルとともに振動板が振動して波を発生させることができる。次の①～③に答えよ。

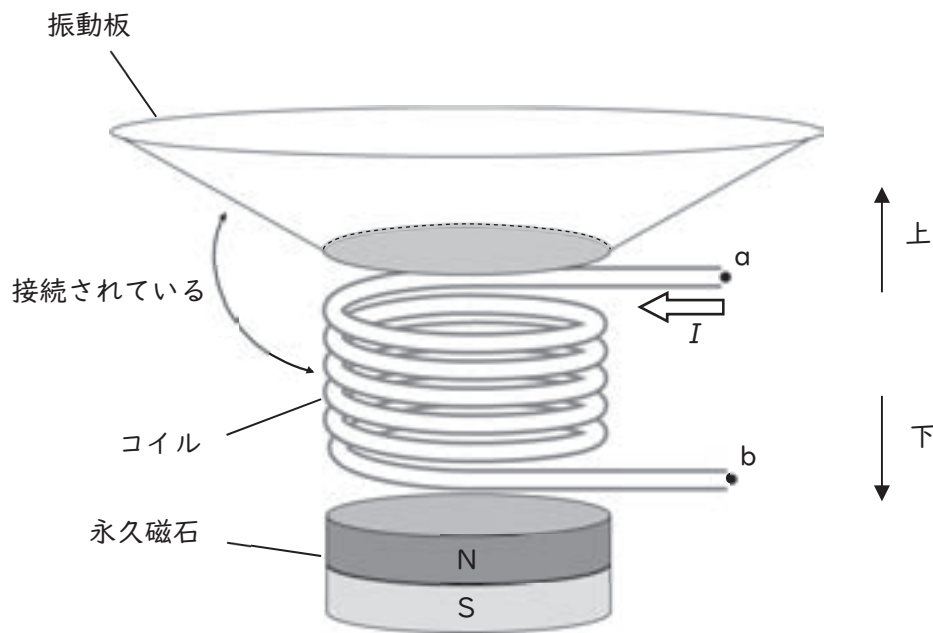


図1

- ① 次の文は、スピーカーから音が発生するしくみについて説明したものである。文中の(ア)～(ウ)に入れるのに適している向きをそれぞれ図1中の「上」または「下」から選べ。

例えば、図1中のコイルに点aから点bの向きの電流が流れているとき、コイル内には(ア)向きの磁場が発生し、コイルは永久磁石から(イ)向きの磁力を受けるため、振動板は永久磁石に対して(ウ)向きの加速度で運動する。また、コイルに点bから点aの向きの電流が流れているときは、振動板の加速度は逆向きとなる。このような振動板の運動が空気を振動させ、音波が発生する。

- ② 図1中の点bに対して点aに $V_0 \sin \omega t$ [V] の電位を加えたとき、コイルを流れる電流 I [A] はどのように表されるか。ただし、 V_0 [V] は電位の最大値、 ω [rad/s] は交流の角周波数、 t [s] は時刻である。また、このコイルの自己インダクタンスを L [H] とし、電流 I の向きは図1中の矢印 ($\leftarrow$) の向きを正の向きとする。

- ③ 振動板の中心部分が振幅 A 、周期 τ で単振動をしているとすると、その速さの最大値は、 A と τ を用いてどのように表されるか。

(2) スピーカーの振動板に、力を加えてぴんと張った糸を接触させることで、糸に波を発生させることができる。次の①、②に答えよ。

- ① 糸を伝わる波の速さが何に依存するのかについて、生徒に考えさせたい。糸を伝わる波の速さを v 、単位長さあたりの糸の質量を ρ 、糸をひく力の大きさを S とすると、 v が $\sqrt{\frac{S}{\rho}}$ の定数倍となることを、各物理量の次元の比較により証明せよ。ただし、長さの次元を L 、時間の次元を T 、質量の次元を M とすること。

- ② 糸を伝わる波の波長をどのように求めるのかについて、生徒に伝えたい。振幅、周期、波長が等しく、互いに逆向きに伝わる2つの正弦波が重なりあって糸に定常波が発生しているとき、この定常波における、任意の節とその隣の節との間の距離は、糸を伝わる正弦波の波長の $\frac{1}{2}$ 倍に等しいことを証明せよ。ただし、時刻 t 、位置 x における正弦波の変位は、 A を振幅、 τ を周期、 λ を波長として、 $A\sin 2\pi\left(\frac{t}{\tau} - \frac{x}{\lambda}\right)$ と表されるものとする。

- (3) 図2のように、系の一端を固定し、他端に滑車を介しておもりをぶら下げる。系はスピーカーの振動板に取り付けられた棒と接触させておき、発振器を通してスピーカーを振動させる。系を伝わる波の振動数 f [Hz] と、棒から滑車までの距離 x [m] を変えながら、系に定常波を発生させる。このとき、系に発生する定常波の腹の個数を n とする。系は常に同じものを使用し、滑車の位置は定常波の節であるものとして次の①～③に答えよ。

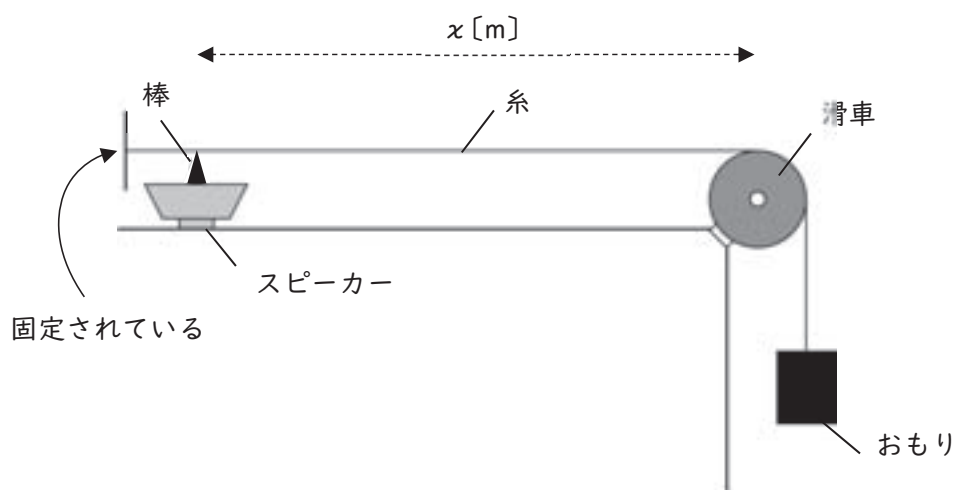


図2

- ① 表1は、系とおもりの重さを変えず、 $n = 1$ に固定して調べた f と x との関係、及び、それらから生徒が計算した、系を伝わる波の速さ v [m/s] をまとめたものである。ただし、ここでは、棒が系と接触している位置を定常波の節であると仮定している。表1中の(ア)～(ウ)について、 f と x の値をもとにした有効数字の取り扱いとして適切なものは○を、適切でないものは適切な表現に直したものを、それぞれ解答欄に書け。

表1

f [Hz]	0.49×10^2	1.00×10^2	1.51×10^2
x [m]	0.82	0.40	0.26
v [m/s]	(ア) 0.804×10^2	(イ) 0.8×10^2	(ウ) 0.785×10^2

- ② 表2は、糸とおもりの重さを変えず、 $f=1.75\times 10^3\text{Hz}$ に固定して調べた n と x との関係を示したものである。あとの文は、表2からわかることをまとめた生徒の考察である。表2をもとにして、文中の（エ）、（オ）に入れるのに適している数値を答えよ。

表2

n	1	2	3
x [m]	0.22	0.46	0.70

表2では、 x は n におおむね比例しており、 n が1増えたときの x の増加量 Δx はいずれも（エ）mである。しかし、この Δx の値は、 $n=1$ のときの x の値である0.22mとずれがある。そこで、棒が糸と接触している位置は厳密には定常波の節ではないと仮定し、糸を伝わる波の波長は Δx のちょうど2倍であるとする、糸を伝わる波の速さは（オ）m/sとなる。

- ③ おもりの重さ S [N]、糸を伝わる波の振動数 f と波長 λ [m] の間の関係を生徒に分析させ、糸を伝わる波の速さ v が $\sqrt{S}$ の定数倍であることを見い出させたい。表3は、 S や λ を変化させたときの f について生徒Zが調べた結果をまとめたものである。 v が $\sqrt{S}$ の定数倍であることを見い出させるために、この生徒Zに対してどのように指導したらよいか、あとの文中の（カ）～（ク）に入れるのに適切な語句をそれぞれ1つずつ選べ。

表3

S [N]	0.49	0.98	1.47	1.96
λ [m]	0.30	0.45	0.30	0.45
f [Hz]	1.90×10^2	1.80×10^2	3.30×10^2	2.55×10^2

生徒Zに対しては、最初に、（カ）{ ㉑ S を固定して ㉒ λ を固定して ㉓ すべての S と λ が異なるように同時に変化させて }、より多くの関係を得るように指導したうえで、その後、結果をグラフに表すときに、（キ）{ ㉔ S の2乗を横軸に、 f を縦軸に ㉕ S を横軸に、 f の2乗を縦軸に ㉖ S を横軸に、 f を縦軸に } とって点をうち、（ク）{ ㉗ すべての点の間を通り、かつ原点を通る1本の直線 ㉘ すべての点及び原点を通る1本のなめらかな曲線 ㉙ すべての点を通る折れ線 } を引くように指導するとよい。

