

物 理

(解答番号 ~)

第1問 次の問い(問1～5)に答えよ。(配点 28)

問1 図1のように、原点Oに小球Pがあり、水平方向右向きに x 軸、鉛直方向上向きに y 軸をとる。点 (L, h) に小球Qがあり、小球Pを小球Qに向けて初速 v_0 で打ち出すと同時に、小球Qを自由落下させた。小球Qから見た小球Pの運動の様子として最も適当なものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。

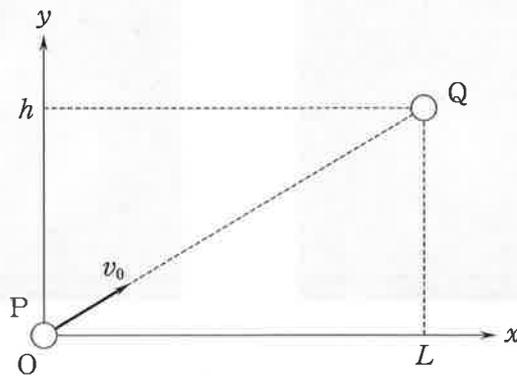


図 1

- ① 小球Pは静止している。
- ② 小球Pは等速直線運動をする。
- ③ 小球Pは放物運動をする。
- ④ 小球Pは等加速度直線運動をする。
- ⑤ 小球Pは加速度が変化する運動をする。

問2 次の文章中の空欄 **2** に入れる選択肢として最も適当なものを、図2の①～⑧のうちから一つ、空欄 **3** に入れる語句として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。

図2のように、真空中において正方形 ABCD の頂点 A, B, C に、紙面に対して垂直に裏から表向きに同じ大きさ I の電流を流した。このとき、点 B を流れる電流にはたらく力の方向は、**2** となる。

また、点 D へ紙面に対して垂直に **3** の電流を流すと、点 B を流れる電流にはたらく力の大きさは 0 となる。

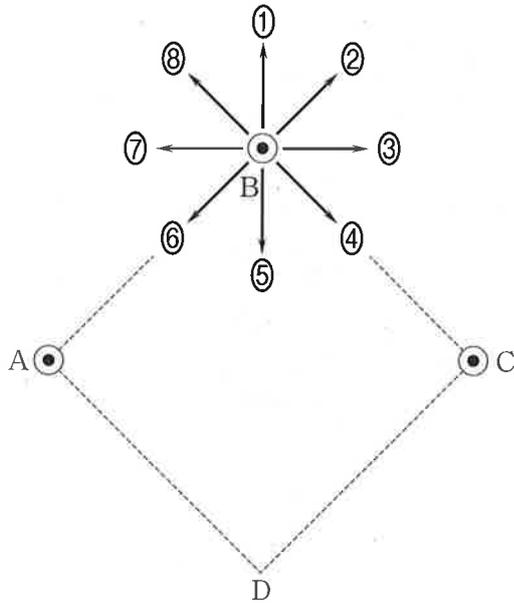


図 2

3 の解答群

- ① 裏から表向きに大きさ I
- ② 裏から表向きに大きさ $\sqrt{2} I$
- ③ 裏から表向きに大きさ $2I$
- ④ 表から裏向きに大きさ I
- ⑤ 表から裏向きに大きさ $\sqrt{2} I$
- ⑥ 表から裏向きに大きさ $2I$

物理

問3 次の文章中の空欄 **ア**・**イ** に入れる式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。 **4**

平行なガラス板の片面に多数の溝を等間隔に引いた回折格子があり、その格子定数(スリット間隔)を d とする。図3のように、ガラス板の左側から回折格子に対して垂直に波長 λ の単色レーザー光を入射させる。スリットで回折した光のうちガラスの右面と θ' の角度をなす向きに進み、その後ガラスの右面で屈折し、ガラスの右面と θ の角度をなして空気中に進んだ光を考える。ガラスの屈折率を n 、空気の屈折率を1とすると、角度 θ' と θ の関係は **ア** である。また、ガラスから空気中に進んだ回折光が強めあう条件は、 θ と整数 m を用いて **イ** となる。

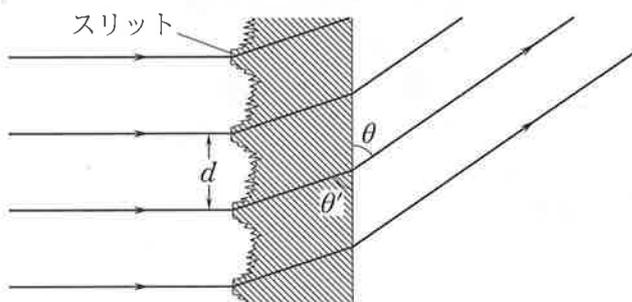


図 3

	ア	イ
①	$n \sin \theta' = \sin \theta$	$d \sin \theta = m\lambda$
②	$n \sin \theta' = \sin \theta$	$d \cos \theta = m\lambda$
③	$n \cos \theta' = \cos \theta$	$d \sin \theta = m\lambda$
④	$n \cos \theta' = \cos \theta$	$d \cos \theta = m\lambda$
⑤	$n \tan \theta' = \tan \theta$	$d \sin \theta = m\lambda$
⑥	$n \tan \theta' = \tan \theta$	$d \cos \theta = m\lambda$

問4 次の文章中の空欄 **5** に入れる選択肢として最も適当なものを、図5の①～④のうちから一つ、空欄 **6** に入れる語句として最も適当なものを、次ページの①～③のうちから一つ選べ。

ピストンのついた容器に理想気体を閉じ込め、体積 V_0 、圧力 p_0 の状態 A にした後、図4の $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ のように気体の状態をゆっくり変化させた。過程 $A \rightarrow B$ は定積変化、過程 $B \rightarrow C$ は等温変化、過程 $C \rightarrow A$ は定圧変化であった。

過程 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ の体積と絶対温度の関係を表すグラフは **5** となる。

次に、圧力と体積の関係のグラフ(図4)において、状態 B から状態 C まで直線的に変化する過程を考える。この過程において理想気体の温度は **6** 。

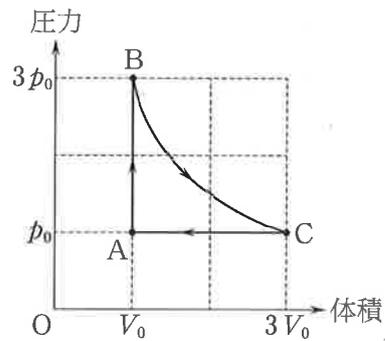


図 4

物理

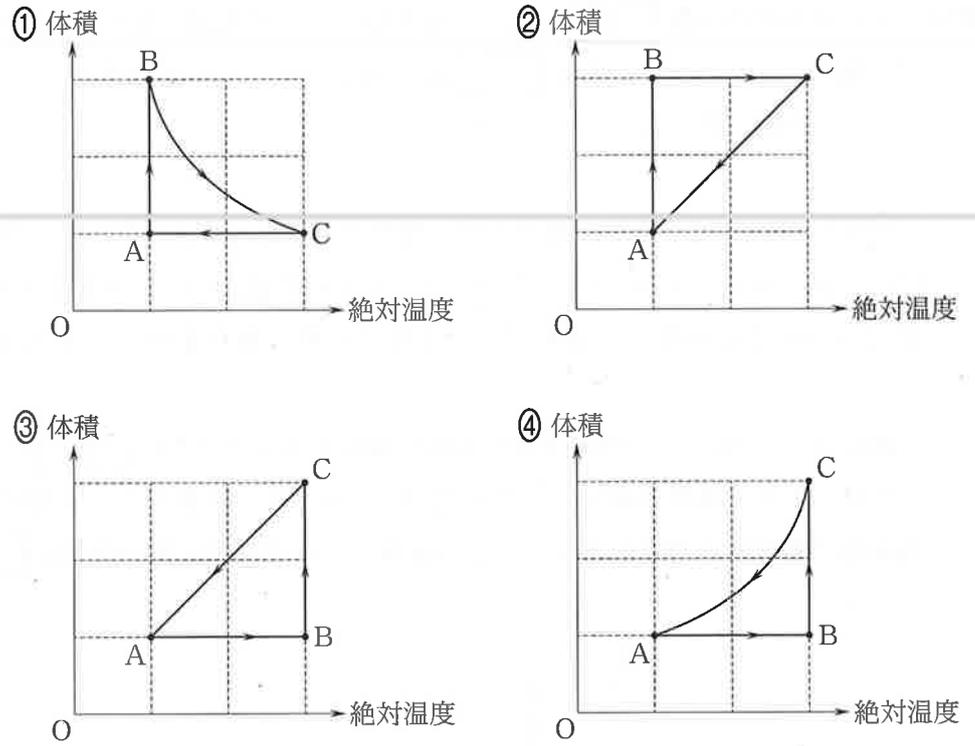


図 5

6 の解答群

- ① 一定となる
- ② 上がった後下がる
- ③ 下がった後上がる

問5 次の文章中の空欄 **ウ**・**エ** に入れる記号と式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。 **7**

図6のように、船が一定の速さ u でまっすぐ進んでいると、その後方にV字型で直線状の山の波面ができていた。船の進行方向と山の波面は、 θ の角度をなしている。波面上の点Aにおいて、波は図6の **ウ** 向きに進む。また、波の伝わる速さは **エ** となる。

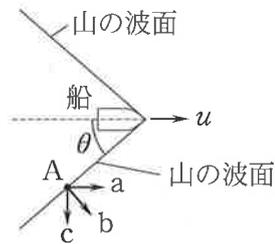


図 6

	ウ	エ
①	a	$u \cos \theta$
②	a	$u \tan \theta$
③	b	$u \sin \theta$
④	b	$u \cos \theta$
⑤	c	$u \sin \theta$
⑥	c	$u \tan \theta$

物理

第2問 次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。(配点 28)

A 図1のように、自己インダクタンスが 4.0 mH のコイル，抵抗値が $6.0\ \Omega$ と $12\ \Omega$ の抵抗，スイッチSおよび電圧が 3.0 V の直流電源からなる回路がある。この回路のスイッチを閉じたところ，スイッチを閉じてからの点aに対する点bの電位の時間変化は，図2のようになった。

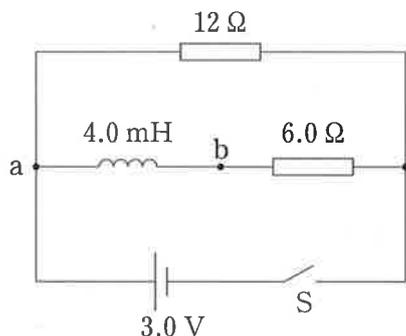


図 1

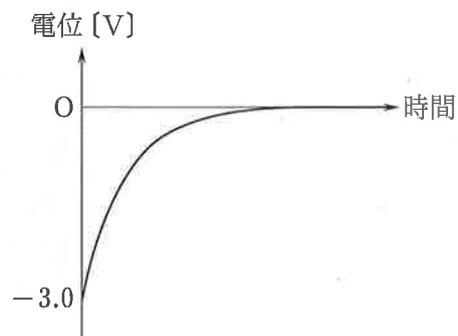


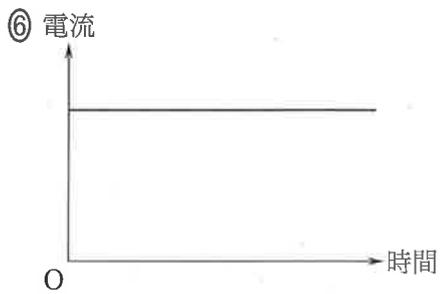
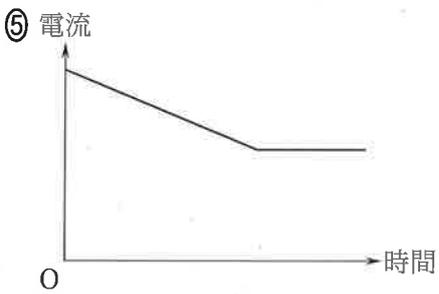
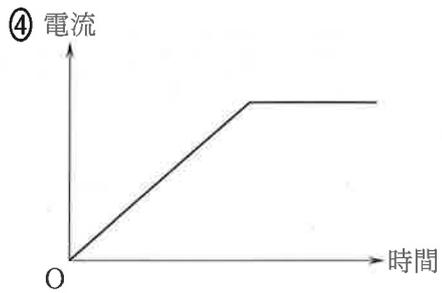
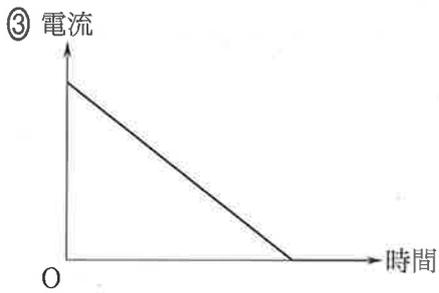
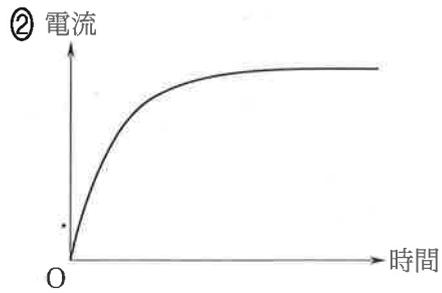
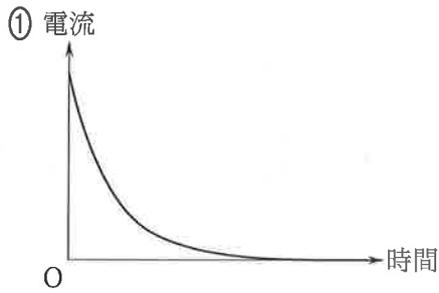
図 2

問1 次の文章中の空欄 ・ に入れる数値として最も適当なものを，下の①～⑥のうちから一つずつ選べ。ただし，同じものを繰り返し選んでもよい。

スイッチを閉じた直後において，図2より点aに対する点bの電位は -3.0 V であるため， $6.0\ \Omega$ の抵抗に流れる電流の大きさは A となる。また， $12\ \Omega$ の抵抗に流れる電流の大きさは A となる。

- ① 0 ② 0.25 ③ 0.50 ④ 1.0 ⑤ 2.0 ⑥ 4.0

問2 スイッチを閉じてからのコイルに流れる電流の大きさの時間変化を表すグラフとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 10



物理

問3 次の文章中の空欄 **11** に入れる数値として最も適当なものを、下の①～⑤のうちから一つ、空欄 **12** ～ **14** に入れる数字として最も適当なものを、下の①～⑩のうちから一つずつ選べ。ただし、**12** ～ **14** には同じものを繰り返し選んでもよい。

その後、スイッチを開いた。スイッチを開いた時刻を $t=0$ として、コイルに流れる電流の大きさと時刻 t の関係を表すグラフは、図3のようになった。スイッチを開いた直後の点aに対する点bの電位は **11** Vである。

また、スイッチを開いてから十分に時間が経過するまでの間に、二つの抵抗で発生するジュール熱の合計を有効数字2桁で表すと **12** . **13** $\times 10^{-\mathbf{14}}$ J となる。

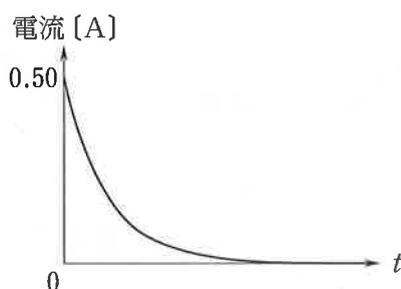


図 3

11 の解答群

- ① -9.0 ② -3.0 ③ 0 ④ 3.0 ⑤ 9.0

12 ～ **14** の解答群

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0

B 図4のように、抵抗値が R の抵抗と周期 T の交流電源からなる回路がある。
 点 d に対する点 c の電位の時間変化を図5(a)に示し、図4中の矢印の向きを正
 として抵抗に流れる電流の時間変化を図5(b)に示す。

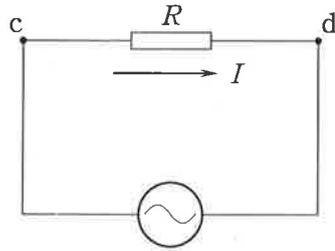


図 4

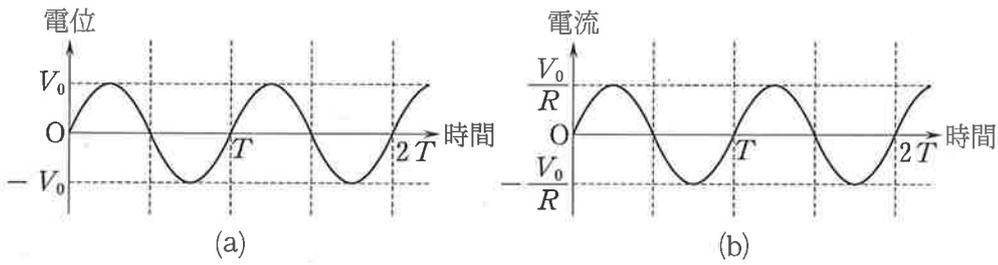
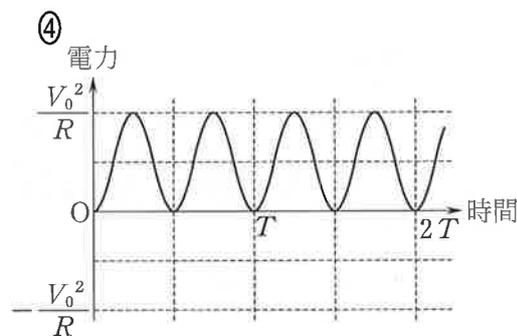
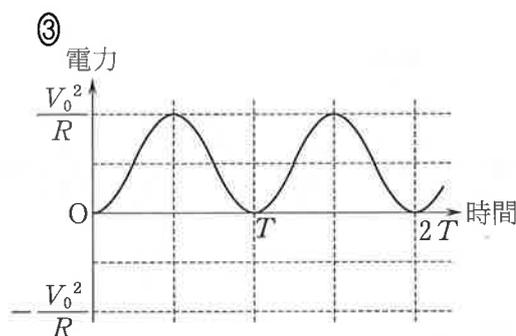
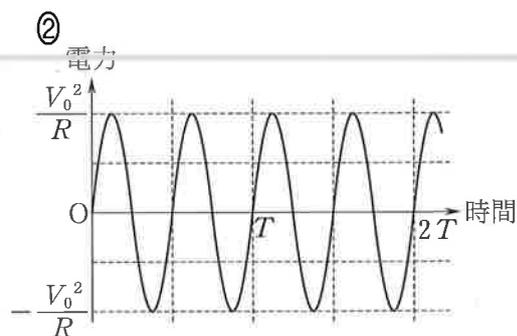
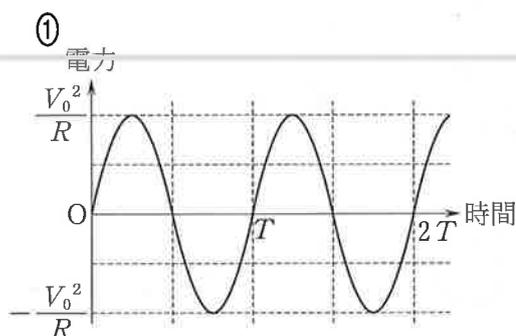


図 5

物理

問4 抵抗の消費電力の時間変化を表すグラフとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 15



問5 図4の回路の抵抗をコイルに交換した。その後、交流電源の電圧の最大値 V_0 を一定にして、角周波数を増加させる。角周波数を増加させる前と比較して、コイルに流れる電流に関する文として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 16

- ① 電流の最大値は減少し、周期は短くなる。
- ② 電流の最大値は減少し、周期は長くなる。
- ③ 電流の最大値は増加し、周期は短くなる。
- ④ 電流の最大値は増加し、周期は長くなる。

(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

物理

第3問 次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。(配点 23)

A 図1はピアノの仕組みを示している。ピアノの鍵盤を押すと、その奥にあるハンマーが弦を打ち、弦が振動することで音が出る。鍵盤によって振動する弦は1～3本と異なるが、ここでは考えやすくするため、一つの鍵盤を押すと一つの弦のみが基本振動するものと考えよう。

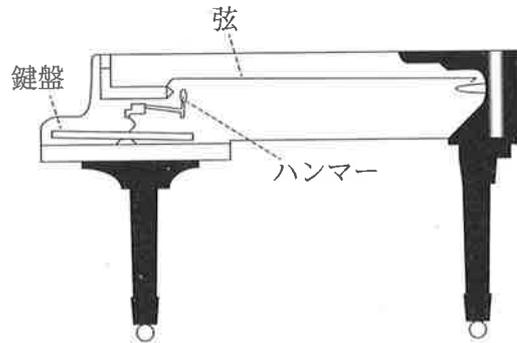


図 1

問1 次の文章中の空欄 **ア** ~ **ウ** に入れる数値または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。 **17**

長く放置されたピアノでは、弦の張力の変化などにより音の高さがずれてしまう。このようなとき、うなりを利用して正しい振動数の音が出るように調整する方法がある。音の高さがずれた「ラ」の鍵盤(本来 440 Hz の音が出る)を押すと同時に 440 Hz のおんさを鳴らすと、観測された合成波の変位と時刻の関係は、図2のようになった。この結果から、1 s 間当たりのうなりの回数は **ア** 回であることがわかる。

弦の張力を少しずつ大きくすると、1 s 間当たりのうなりの回数は減少し、やがて 0 となった。張力を大きくすると弦の振動数は **イ** なる。したがって、調整前の「ラ」の鍵盤の音は **ウ** Hz であることがわかる。

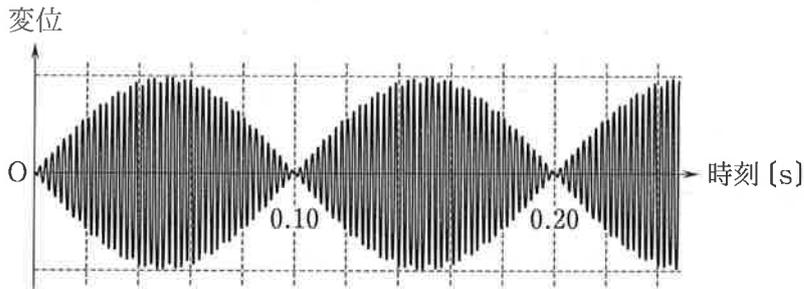


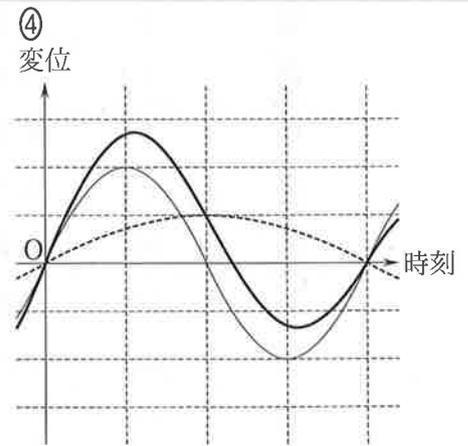
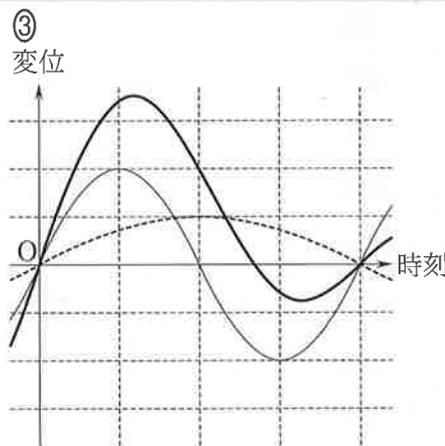
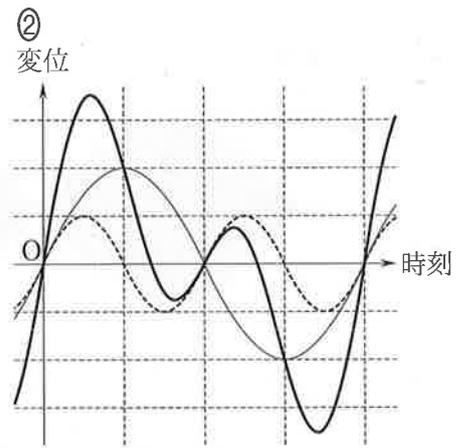
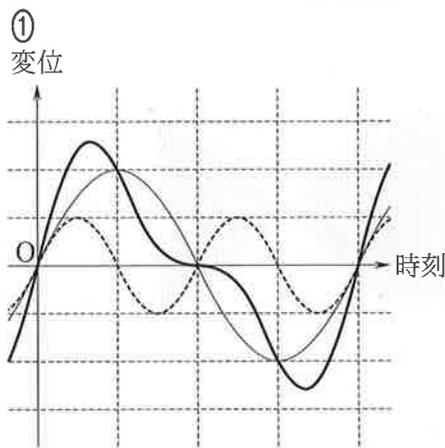
図 2

	ア	イ	ウ
①	5	大きく	435
②	5	大きく	445
③	5	小さく	435
④	5	小さく	445
⑤	10	大きく	430
⑥	10	大きく	450
⑦	10	小さく	430
⑧	10	小さく	450

物理

問2 振動数の異なる二つの音を同時に出すとき、振動数の差が小さいときにうなりは生じるが、振動数の差が大きくなるとうなりは生じなくなる。例えば、440 Hz の音を出す「ラ」の鍵盤を押すと同時に、1 オクターブ高い「ラ」の鍵盤(880 Hz の音が出る)を押すとき、うなりは生じない。このとき、合成波の波形は単純な正弦波でなくなるため、音に深み生まれる。440 Hz の音を出す「ラ」の鍵盤を押したときに出た音の変位の時間変化を細実線、1 オクターブ高い「ラ」の鍵盤を押したときに出た音の変位の時間変化を破線、これらの合成波の変位の時間変化を太実線で表すグラフとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、1 オクターブ高い「ラ」の鍵盤はやや軽く押されている。

18



問3 2オクターブ以上異なる2音を考えてみる。98 Hzの音を出す「ソ」の鍵盤を押すと同時に、表1にある鍵盤のいずれかを押したところ、合成波の変位と時刻の関係は図3のようになった。押した鍵盤として最も適当なものを、下の①～⑦のうちから一つ選べ。 19

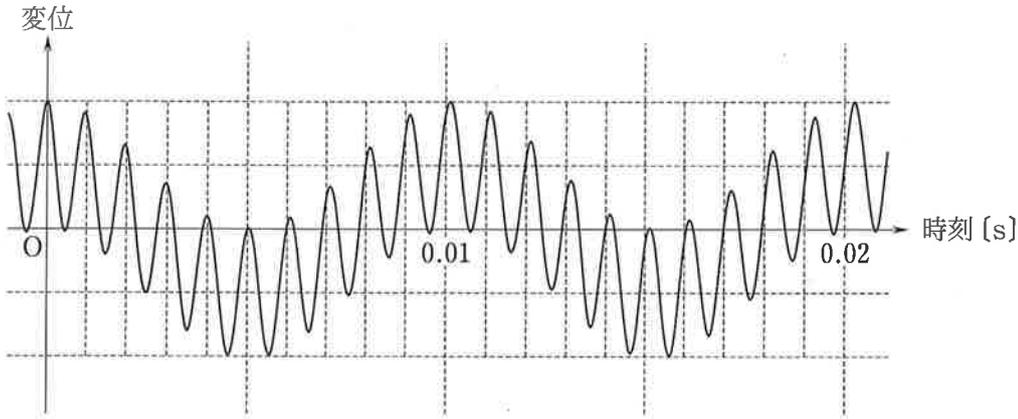


図 3

表 1

鍵盤	ド	レ	ミ	ファ	ソ	ラ	シ
振動数[Hz]	523	587	659	698	784	880	988

- ① ド ② レ ③ ミ ④ ファ ⑤ ソ ⑥ ラ ⑦ シ

物理

B 図4のような装置を用いて光電効果の実験をする。この装置の電極 Q の仕事関数(電子が電極 Q の外に出るために必要な最小のエネルギー)は W であった。プランク定数を h , 光の振動数を ν とすると, 光子のエネルギーは $h\nu$ で与えられる。ただし, 真空中の光速を c とする。

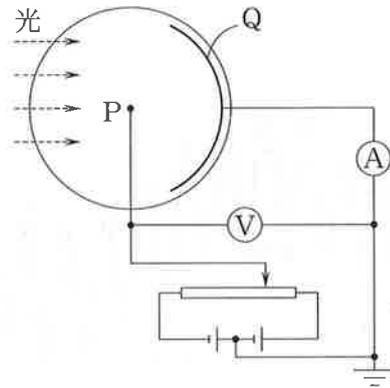


図 4

問4 次の文章中の空欄 **工**・**オ** に入れる式と語句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。 **20**

光の波長を変えながら光電効果の実験を行ったところ、ある波長 λ_0 を境
 に電子は飛び出さなくなった。そのときの波長は $\lambda_0 =$ **工** である。光の
 波長を λ_0 より **オ** すると、電子は飛び出さなくなる。

	工	オ
①	$\frac{hc}{W}$	大きく
②	$\frac{hc}{W}$	小さく
③	$\frac{W}{hc}$	大きく
④	$\frac{W}{hc}$	小さく
⑤	hcW	大きく
⑥	hcW	小さく

物理

問5 次に、光の波長を一定にして、電極 Q に対する電極 P の電位 V を少しずつ変えて実験すると、電流(光電流) I と電位 V の関係は図5のようになった。電極 Q に対する電極 P の電位 V が図5の V_A , V_B のとき、電極 P に届いた単位時間当たりの電子(光電子)数をそれぞれ N_A , N_B とする。また、 V_A , V_B のときに電極 P に届く直前の電子の最大の運動エネルギーを K_A , K_B とする。 N_A , N_B , K_A , K_B の大小関係を表す式として最も適当なものを、下の①~④のうちから一つ選べ。 21

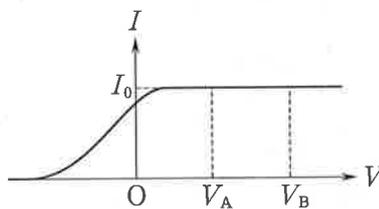


図 5

- ① $N_A < N_B$, $K_A < K_B$
- ② $N_A = N_B$, $K_A < K_B$
- ③ $N_A < N_B$, $K_A = K_B$
- ④ $N_A = N_B$, $K_A = K_B$

(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

物理

第4問 次の問い(問1～4)に答えよ。(配点 21)

図1のように、質量 m_0 の人工衛星が、地球(中心 O)のまわりを半径 r 、速さ v_0 で等速円運動している。地球の質量を M 、万有引力定数を G とする。

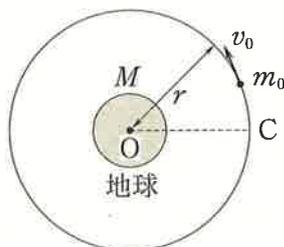


図 1

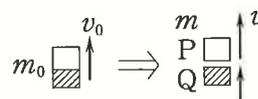


図 2

問1 人工衛星の速さ v_0 を表す式として正しいものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。 $v_0 = \boxed{22}$

- | | | | |
|--------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|
| ① $\frac{GM}{2r}$ | ② $\frac{GM}{r}$ | ③ $\frac{Gm_0}{2r}$ | ④ $\frac{Gm_0}{r}$ |
| ⑤ $\sqrt{\frac{GM}{2r}}$ | ⑥ $\sqrt{\frac{GM}{r}}$ | ⑦ $\sqrt{\frac{Gm_0}{2r}}$ | ⑧ $\sqrt{\frac{Gm_0}{r}}$ |

問2 円軌道上を運動していた人工衛星が、軌道上の点Cで図2のように、瞬間的に二つの衛星Pと衛星Qに分裂した。衛星Pの質量は m であり、分裂直後の衛星Pの速度の大きさは v 、その向きは分裂直前の人工衛星の速度と同じ向きであった。分裂直前の人工衛星の速度の向きを正方向として、分裂直後の衛星Qの速度を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 23

- | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| ① $\frac{m_0 v_0 + mv}{m_0 + m}$ | ② $\frac{m_0 v_0 - mv}{m_0 + m}$ | ③ $\frac{mv - m_0 v_0}{m_0 + m}$ |
| ④ $\frac{m_0 v_0 + mv}{m_0 - m}$ | ⑤ $\frac{m_0 v_0 - mv}{m_0 - m}$ | ⑥ $\frac{mv - m_0 v_0}{m_0 - m}$ |

問3 分裂後の衛星Pは、図3のだ円軌道上を運動した。だ円軌道上の点Dを通過するとき、Pの加速度の向きを表す矢印として最も適当なものを、図3の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、 O' は長軸CEの中心とする。 24

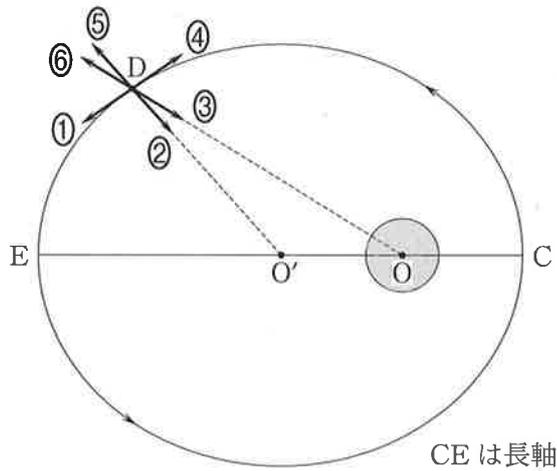


図 3

物理

問4 次の文章は、だ円軌道上を動く衛星Pの運動に関するAさんとBさんの会話である。会話の内容が正しくなるように、次の文章中の空欄 **ア**・**イ** に入れる語句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。 **25**

Aさん：等速円運動する物体を、軌道面を含む平面上で、十分離れた所から見ると単振動になるんだよね。だ円軌道上を運動する衛星Pも、長軸に沿った線上で十分離れた所から見ると単振動になるのかな。

Bさん：図4のように、長軸に沿った線上で点Cから右に十分離れた所から、衛星Pの運動(短軸方向の運動)を見てみようか。

Aさん：だ円軌道上の点Eでの速さは、点Cの速さ **ア** よ。

Bさん：このことから考えると、衛星Pの短軸方向の運動は、単振動 **イ** ね。

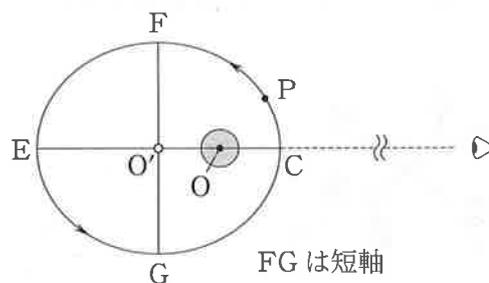


図 4

	ア	イ
①	と等しい	と言える
②	と等しい	と違う
③	より大きい	と言える
④	より大きい	と違う
⑤	より小さい	と言える
⑥	より小さい	と違う