理　科

（1～49ページ）

注　意

1．試験開始の合図があるまで，問題用紙を開いてはいけません。
2．この問題用紙には，次の３科目の問題が収められています。
　物　　理（1～14ページ）
　化　　学（15～30ページ）
　生　　物（31～49ページ）
3．３科目の中から，医学部出願者は２科目，その他の出願者は１科目を選択し，解答は解答用紙にマークしなさい。解答用紙は３科目共通です。
4．解答用紙に受験番号・氏名・選択科目を記入しなさい。
　受験番号と選択科目は，下記の「受験番号欄記入例」「選択科目欄記入例」に従って正確にマークしなさい。
5．試験時間は **60分（２科目受験者は１科目につき60分）** です。
6．試験開始後，問題用紙に不備(ページのふぞろい・印刷不鮮明など)があったら申し出なさい。
7．中途退出は認めません。試験終了後，問題用紙は持ち帰りなさい。

受験番号欄記入例・選択科目欄記入例

アルファベットと数字の位置に注意してマークしなさい
（アルファベットのI・O・Qはありません）

受	験	番	号	欄
H	5	7	0	9
Ⓐ	⓪	⓪	●	⓪
Ⓑ	①	①	①	①
Ⓒ	②	②	②	②
Ⓓ	③	③	③	③
Ⓔ	④	④	④	④
Ⓕ	●	⑤	⑤	⑤
Ⓖ	⑥	⑥	⑥	⑥
●	⑦	●	⑦	⑦
Ⓙ	⑧	⑧	⑧	⑧
Ⓚ	⑨	⑨	⑨	●
Ⓛ				
Ⓜ				
Ⓝ				
Ⓟ				
Ⓡ				
Ⓢ				
Ⓣ				
Ⓤ				
Ⓥ				
Ⓦ				
Ⓧ				

「物理」を選択した場合

選択科目欄	
●	物　　理
○	化　　学
○	生　　物

↑
解答する１科目に
必ずマークしなさい

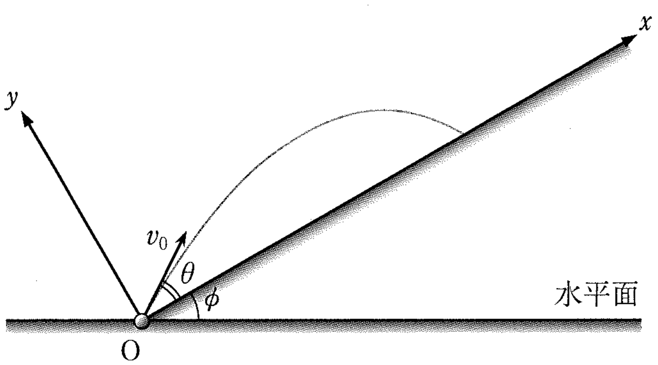
マーク式解答欄記入上の注意

1．解答は，ＨＢの黒鉛筆を使用して丁寧にマークしなさい。
　《マーク例》
　良い例 ●
　悪い例 
2．訂正する場合は，プラスチック消しゴムで，きれいにマークを消し取りなさい。
3．所定の記入欄以外には，何も記入してはいけません。
4．解答用紙を汚したり，折り曲げたりしてはいけません。

物　　理

この問題はⅠからⅤまであります。解答用紙には問題番号が $\boxed{1}$ から $\boxed{50}$ までですが，**解答に使用する問題番号は** $\boxed{1}$ **から** $\boxed{25}$ **までです。**

Ⅰ　図のように，鉛直な平面内での運動を考える。水平面に対して角度 $\phi\left(0<\phi\leqq\dfrac{\pi}{2}\right)$ をなす斜面がある。時刻 $t=0$ に斜面と水平面の交点Oから斜面となす角度 $\theta\left(0<\theta\leqq\dfrac{\pi}{2}\right.$ かつ $\left.\theta+\phi\leqq\dfrac{\pi}{2}\right)$ の向きに一定の大きさ v_0 の初速度で小球を打ち上げる。ここで，点Oを原点とし，斜面と平行な方向に x 軸，斜面と垂直な方向に y 軸を定める。また，小球の大きさ，および空気抵抗の影響は無視できるものとし，重力加速度の大きさを g とする。



次の各問いについて，それぞれの**解答群**の中から最も適切なものを一つ選び，解答欄の数字にマークしなさい。

（1）　打ち上げられた小球の x 方向と y 方向の加速度をそれぞれ a_x，a_y とする。a_x と a_y の組合せとして最も適当なものを一つ選べ。$\boxed{1}$

$\boxed{1}$ **の解答群**

① $a_x=-g\sin\theta$，$a_y=-g\sin\theta$	② $a_x=-g\cos\theta$，$a_y=-g\cos\theta$
③ $a_x=-g\sin\theta$，$a_y=-g\cos\theta$	④ $a_x=-g\cos\theta$，$a_y=-g\sin\theta$
⑤ $a_x=-g\sin\phi$，$a_y=-g\sin\phi$	⑥ $a_x=-g\cos\phi$，$a_y=-g\cos\phi$
⑦ $a_x=-g\sin\phi$，$a_y=-g\cos\phi$	⑧ $a_x=-g\cos\phi$，$a_y=-g\sin\phi$

（2） 小球がはじめて斜面に衝突する時刻を求めよ。 $\boxed{\ 2\ }$

$\boxed{\ 2\ }$ の解答群

① $\dfrac{2v_0\sin\theta}{g\sin\phi}$　② $\dfrac{2v_0\sin\theta}{g\cos\phi}$　③ $\dfrac{2v_0\cos\theta}{g\cos\phi}$

④ $\dfrac{2v_0\cos\theta}{g\sin\phi}$　⑤ $\dfrac{2v_0\sin\phi}{g\sin\theta}$　⑥ $\dfrac{2v_0\sin\phi}{g\cos\theta}$

⑦ $\dfrac{2v_0\cos\phi}{g\cos\theta}$　⑧ $\dfrac{2v_0\cos\phi}{g\sin\theta}$

以下では，斜面の傾斜角が $\phi = \dfrac{\pi}{4}$ の場合について考える。打ち上げ角度 θ を変化させて，$\theta = \theta_0$ にすると，小球がはじめて斜面に衝突するとき，斜面に対して垂直に衝突した。ただし，小球と斜面とのはね返り係数を e とする。

（3） $\tan\theta_0$ を求めよ。 $\boxed{\ 3\ }$

$\boxed{\ 3\ }$ の解答群

① $\dfrac{1}{4}$　② $\dfrac{1}{2}$　③ $\dfrac{\sqrt{3}}{3}$

④ $\dfrac{\sqrt{2}}{2}$　⑤ $\dfrac{3}{4}$　⑥ 1

（4） 小球が斜面に対して垂直に衝突してから再び斜面に衝突するまでの時間を求めよ。 $\boxed{\ 4\ }$

$\boxed{\ 4\ }$ の解答群

① $\dfrac{2\sqrt{2}\,ev_0}{3g}\sin\theta_0$　② $\dfrac{2\sqrt{10}\,ev_0}{5g}\sin\theta_0$　③ $\dfrac{\sqrt{2}\,ev_0}{g}\sin\theta_0$

④ $\dfrac{6\sqrt{2}\,ev_0}{5g}\sin\theta_0$　⑤ $\dfrac{2ev_0}{g}\sin\theta_0$　⑥ $\dfrac{2\sqrt{2}\,ev_0}{g}\sin\theta_0$

次に，打ち上げ角度 θ が，$\theta = \theta_1$ のときに小球がはじめて斜面に衝突する位置が点Oから一番遠くなった。

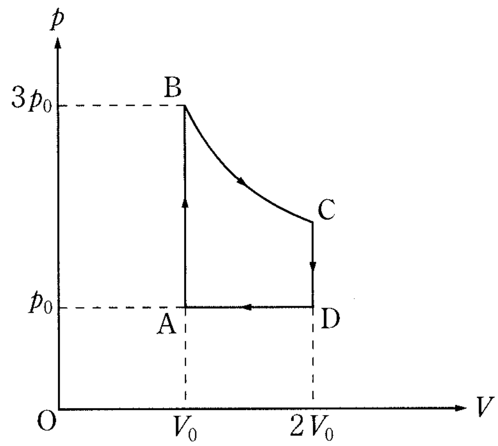
（5） θ_1 を求めよ。 $\boxed{\ 5\ }$

$\boxed{\ 5\ }$ の解答群

① $\dfrac{\pi}{36}$　② $\dfrac{\pi}{24}$　③ $\dfrac{\pi}{12}$

④ $\dfrac{\pi}{8}$　⑤ $\dfrac{\pi}{6}$　⑥ $\dfrac{\pi}{4}$

Ⅱ　一定量の単原子分子理想気体について，気体の圧力 p と体積 V の関係を表すグラフが図のように表される熱サイクルを考える。気体は圧力 p_0，体積 V_0 の状態Aから定積変化を経て圧力 $3p_0$ の状態Bへ，状態Bから等温変化を経て状態Cへ，状態Cから体積 $2V_0$ の定積変化を経て圧力 p_0 の状態Dへ，状態Dから定圧変化を経て再び状態Aに戻る変化をする。状態Bから状態Cまでの等温変化において気体が吸収した熱量は $\dfrac{21}{10}p_0V_0$ である。



次の各問いについて，それぞれの**解答群**の中から最も適切なものを一つ選び，解答欄の数字にマークしなさい。

（1）　状態Cの圧力を求めよ。 6

6 **の解答群**

① $\dfrac{5}{4}p_0$　　② $\dfrac{4}{3}p_0$　　③ $\dfrac{3}{2}p_0$

④ $2p_0$　　⑤ $\dfrac{5}{3}p_0$　　⑥ $\dfrac{5}{2}p_0$

（2）　状態Aから状態Bまでの定積変化において気体が吸収した熱量を求めよ。 7

7 **の解答群**

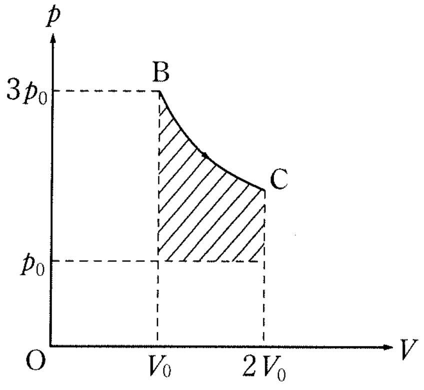
① p_0V_0　　② $\dfrac{3}{2}p_0V_0$　　③ $2p_0V_0$

④ $\dfrac{5}{2}p_0V_0$　　⑤ $3p_0V_0$　　⑥ $\dfrac{7}{2}p_0V_0$

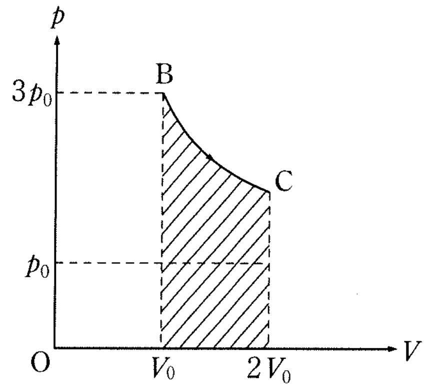
（3） 状態Bから状態Cまでの間に気体が外部にした仕事を W とする。状態Bから状態Cまでの気体の圧力 p と体積 V の関係を表すグラフにおいて，W に相当する面積を斜線で示した図として最も適当なものを一つ選べ。 $\boxed{8}$

$\boxed{8}$ **の解答群**

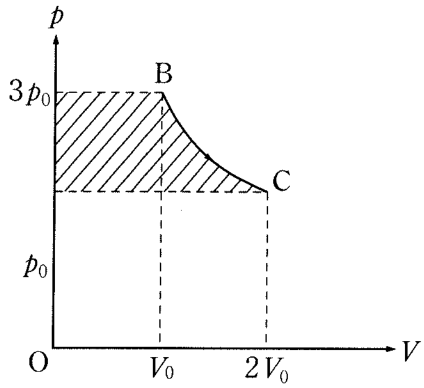
①



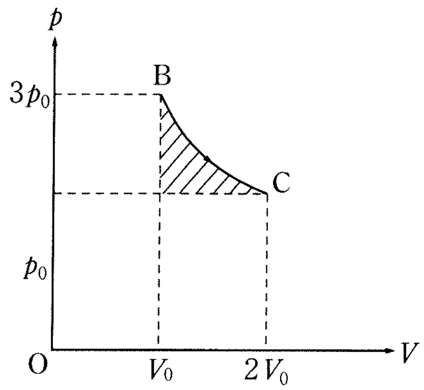
②



③



④



（4） この熱サイクルにおいて気体が外部にした正味の仕事を求めよ。 $\boxed{9}$

$\boxed{9}$ **の解答群**

① $\dfrac{11}{10}p_0V_0$	② $\dfrac{31}{15}p_0V_0$	③ $\dfrac{11}{5}p_0V_0$
④ $\dfrac{31}{10}p_0V_0$	⑤ $\dfrac{41}{10}p_0V_0$	⑥ $\dfrac{21}{5}p_0V_0$

（5） この熱サイクルの熱効率を求めよ。 $\boxed{10}$

$\boxed{10}$ **の解答群**

① 0.15	② 0.22	③ 0.29
④ 0.35	⑤ 0.41	⑥ 0.50

Ⅲ　図1のように，空気中に半透明鏡 HM を置き，半透明鏡の中央からそれぞれ距離 l_1，l_2 を隔てて平面鏡 M1，平面鏡 M2 を設置する。半透明鏡 HM は反射光と透過光の強さが等しい半透明な平面鏡であり，その厚さは無視できるものとする。この装置の半透明鏡 HM の中央付近に向けて波長 λ の単色光の平行光線を入射させる。半透明鏡 HM で反射した光 a は，平面鏡 M1 で反射したあと，半透明鏡 HM を透過し，スクリーン S に向かう。また，半透明鏡 HM を透過した光 b は，平面鏡 M2 で反射したあと，半透明鏡 HM で反射し，スクリーン S に向かう。スクリーン S 上で，この光 a と光 b の干渉の様子を観測する。空気の屈折率を 1 とする。

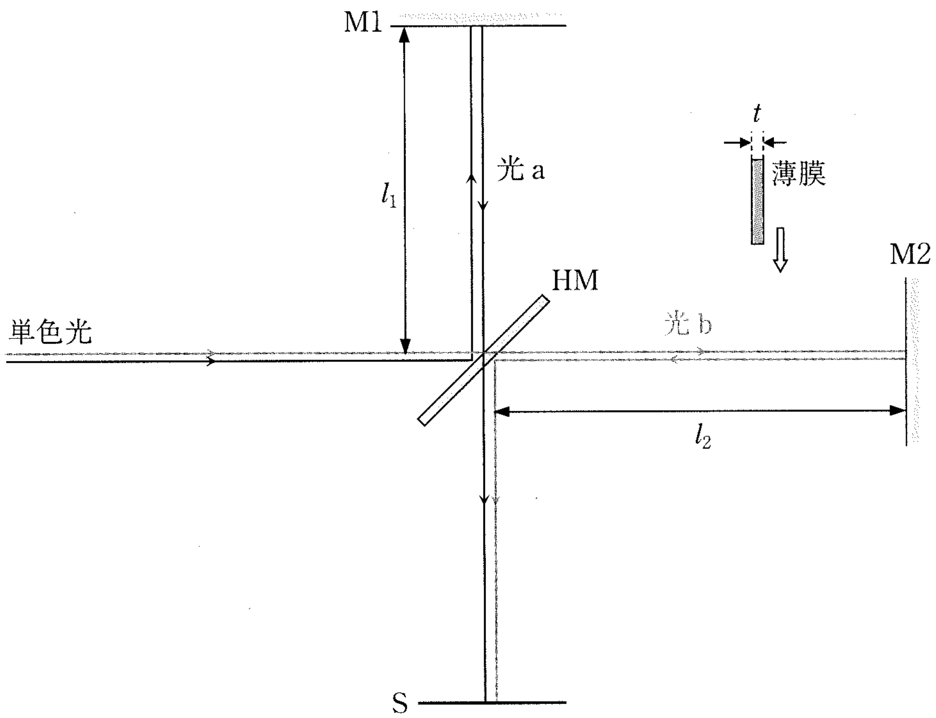


図1

次の各問いについて，それぞれの**解答群**の中から最も適切なものを一つ選び，解答欄の数字にマークしなさい。

（1）l_1，l_2 を調整すると，光 a と光 b がスクリーン S 上で強め合って明るくなった。このように強め合う l_1，l_2 の条件を，整数 m（$m = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots$）を用いて求めよ。 11

11 の解答群

① $l_1 - l_2 = m\dfrac{\lambda}{4}$　② $l_1 - l_2 = m\dfrac{\lambda}{2}$

③ $l_1 - l_2 = m\lambda$　④ $l_1 - l_2 = \left(m + \dfrac{1}{2}\right)\dfrac{\lambda}{4}$

⑤ $l_1 - l_2 = \left(m + \dfrac{1}{2}\right)\dfrac{\lambda}{2}$　⑥ $l_1 - l_2 = \left(m + \dfrac{1}{2}\right)\lambda$

（2）半透明鏡 HM と平面鏡 M2 の間の光 b の経路上に屈折率 n，厚さ t の薄膜を光の経路に対して垂直に設置したが，薄膜の設置前と比べてスクリーン S 上の光の干渉の様子に変化は見られなかった。k を自然数（$k = 1, 2, 3, \cdots$）として，薄膜の厚さ t が満たしている条件を求めよ。ただし，薄膜の表面における光の反射は無視できるものとする。 12

12 の解答群

① $t = \dfrac{k\lambda}{4n}$　② $t = \dfrac{k\lambda}{2n}$　③ $t = \dfrac{k\lambda}{n}$

④ $t = \dfrac{k\lambda}{4(n-1)}$　⑤ $t = \dfrac{k\lambda}{2(n-1)}$　⑥ $t = \dfrac{k\lambda}{n-1}$

続いて，薄膜を取り除き，図2のように，点Oを回転軸として平面鏡M1を反時計回りに微小な角度θ〔rad〕だけ回転させたところ，スクリーンS上に明暗の干渉縞が観測された。この干渉縞は，図3のように，反射位置により回転前後の経路差が異なることによって生じると考えることができる。ただし，角度θが十分小さいとき，平面鏡M1による反射光は入射光と同方向に進むと考えることができ，$\theta \fallingdotseq \sin\theta \fallingdotseq \tan\theta$の近似が成り立つものとする。

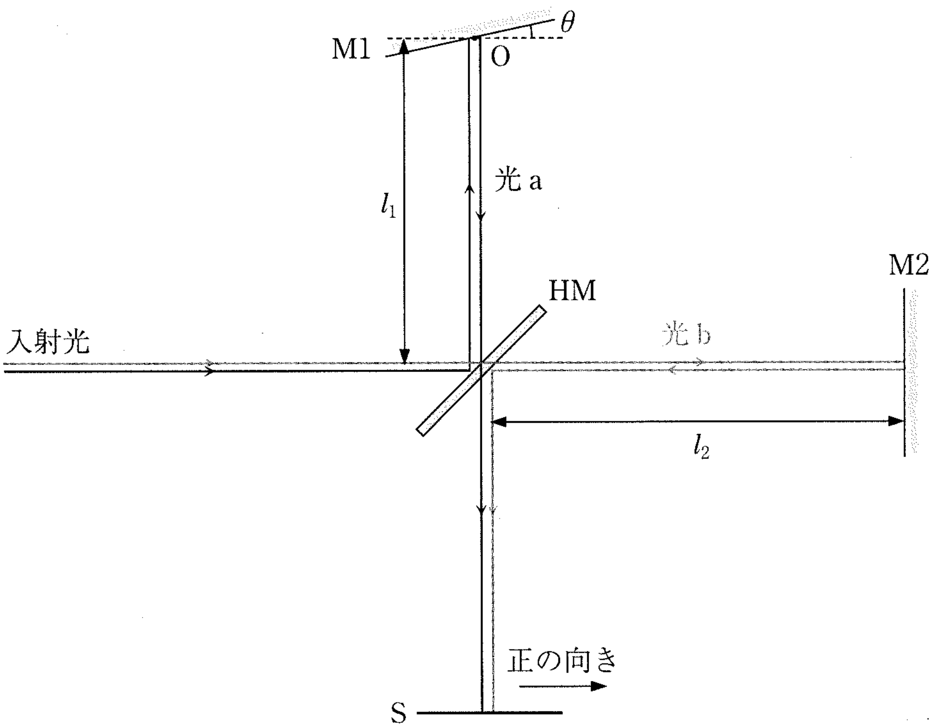


図2

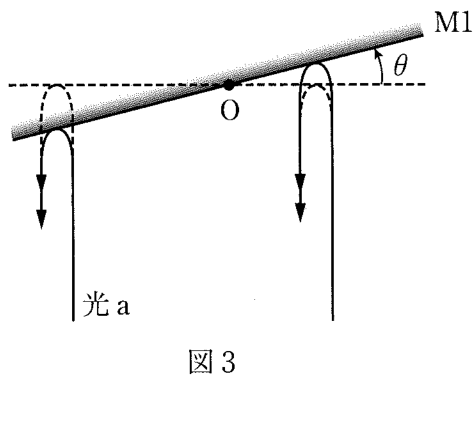


図3

（3） 平面鏡 M1 の回転角 θ をゆっくりと大きくしていった場合のスクリーン S 上に現れる干渉縞がどのように変化するかについて説明した文章として，最も適当なものを一つ選べ。ただし，図 2 の矢印の向きを正の向きとする。 13

13 の解答群

① 干渉縞が中央に集まる向きに移動し，干渉縞の間隔が狭まる。
② 干渉縞が中央から離れる向きに移動し，干渉縞の間隔が拡がる。
③ 干渉縞の間隔を狭めながら，干渉縞全体が負の向きに移動する。
④ 干渉縞の間隔を拡げながら，干渉縞全体が正の向きに移動する。
⑤ 干渉縞の間隔を拡げながら，干渉縞全体が負の向きに移動する。
⑥ 干渉縞の間隔を狭めながら，干渉縞全体が正の向きに移動する。

（4） 平面鏡 M1 の回転角を微小な角度 θ_0〔rad〕に固定したとき，スクリーン S 上で観測される干渉縞の隣り合う明線の間隔を求めよ。 14

14 の解答群

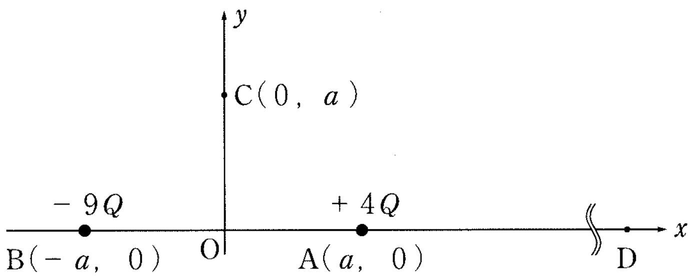
① $\dfrac{1}{2}\lambda\theta_0$　② $\lambda\theta_0$　③ $2\lambda\theta_0$
④ $\dfrac{\lambda}{2\theta_0}$　⑤ $\dfrac{\lambda}{\theta_0}$　⑥ $\dfrac{2\lambda}{\theta_0}$

（5） 平面鏡 M1 の回転角を θ_0 に固定したまま，平面鏡 M2 を半透明鏡 HM から遠ざける向きに一定の速さ v で動かしたとき，スクリーン S 上の干渉縞も一定の速度で移動した。このとき，スクリーン S 上を移動する干渉縞の速度を求めよ。ただし，図 2 の矢印の向きを正の向きとする。 15

15 の解答群

① $-\dfrac{v}{\theta_0}$　② $-v\theta_0$　③ $-\dfrac{v}{2\theta_0}$
④ $\dfrac{v}{2\theta_0}$　⑤ $v\theta_0$　⑥ $\dfrac{v}{\theta_0}$

Ⅳ　図のように，真空中において点Oを原点とする xy 座標平面上の点A(a, 0)に電気量 $+4Q$ ($Q>0$)，点B($-a$, 0)に電気量 $-9Q$ の点電荷を固定した。y 軸上の点(0, a)を点C，x 軸上の正の領域で点Oから十分にはなれた点を点D，クーロンの法則の比例定数を k とする。また，重力の影響は考えないものとする。



次の各問いについて，それぞれの**解答群**の中から最も適切なものを一つ選び，解答欄の数字にマークしなさい。

(1)　x 軸上において電場が0となる点の x 座標を求めよ。 $\boxed{16}$

$\boxed{16}$ **の解答群**

① $\frac{1}{2}a$　② $\frac{3}{2}a$　③ $2a$

④ $3a$　⑤ $\frac{7}{2}a$　⑥ $5a$

(2)　点Cにおける電場の y 成分の大きさを求めよ。 $\boxed{17}$

$\boxed{17}$ **の解答群**

① $\frac{\sqrt{2}\,kQ}{3a^2}$　② $\frac{5\sqrt{2}\,kQ}{4a^2}$　③ $\frac{3\sqrt{2}\,kQ}{2a^2}$

④ $\frac{5\sqrt{2}\,kQ}{2a^2}$　⑤ $\frac{5kQ}{a^2}$　⑥ $\frac{13\sqrt{2}\,kQ}{2a^2}$

(3)　電気量 $+q$ ($q>0$)の点電荷Pを点Cから点Dまでゆっくり運ぶのに必要な仕事を求めよ。 $\boxed{18}$

$\boxed{18}$ **の解答群**

① $\frac{\sqrt{2}\,kQq}{5a}$　② $\frac{\sqrt{2}\,kQq}{3a}$　③ $\frac{\sqrt{2}\,kQq}{a}$

④ $\frac{3\sqrt{2}\,kQq}{2a}$　⑤ $\frac{5\sqrt{2}\,kQq}{2a}$　⑥ $\frac{7\sqrt{2}\,kQq}{2a}$

（4）　点Dで点電荷Pを静かにはなしたところ，点電荷Pはx軸に沿ってx軸の負の向きに運動し，x軸上の点Eで速さが0となった。点Eのx座標を求めよ。 $\boxed{19}$

$\boxed{19}$ **の解答群**

① $\dfrac{3}{2}a$　② $2a$　③ $\dfrac{9}{4}a$

④ $\dfrac{13}{5}a$　⑤ $\dfrac{7}{2}a$　⑥ $5a$

（5）　点電荷Pの質量をmとする。点電荷Pが点Dから点Eまで運動する間の速さの最大値を求めよ。 $\boxed{20}$

$\boxed{20}$ **の解答群**

① $\sqrt{\dfrac{kQq}{5ma}}$　② $\sqrt{\dfrac{kQq}{2ma}}$　③ $\sqrt{\dfrac{kQq}{ma}}$

④ $\sqrt{\dfrac{2kQq}{ma}}$　⑤ $\sqrt{\dfrac{3kQq}{ma}}$　⑥ $\sqrt{\dfrac{5kQq}{ma}}$

V　波長の短い光を金属に照射すると，金属から電子が飛び出すことがある。この現象について調べるために，真空管の中に陽極 P と陰極 K を取り付けて，図 1 のような回路を作り，陰極 K に特定の波長の単色光を照射する実験を行う。陰極 K に対する陽極 P の電位を V，照射する光の真空中における波長を λ，振動数を ν として，V，λ，ν を変化させたときに，電流計を流れる電流の大きさ I がどのように変化するかを調べた。照射する単色光の波長を $\lambda = \lambda_0$ に固定し，V を変化させたところ，$V < -V_0$（$V_0 > 0$）のときには回路に電流は流れなかった。この V_0 を阻止電圧と呼ぶ。図 2 は，I と V の関係を表すグラフである。電子の電気量を $-e$（$e > 0$），プランク定数を h，真空中の光の速さを c とする。

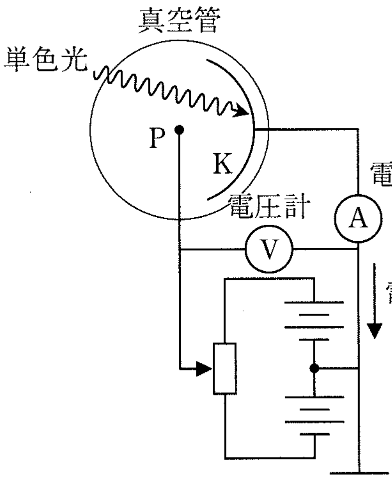


図 1

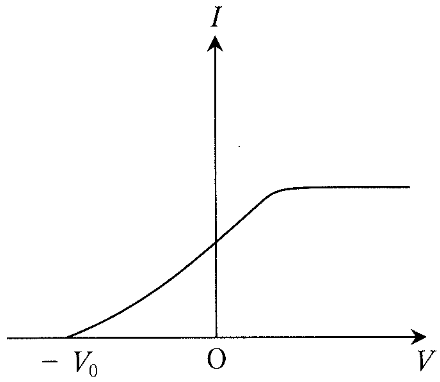


図 2

次の各問いについて，それぞれの**解答群**の中から最も適切なものを一つ選び，解答欄の数字にマークしなさい。

（1）　波長の短い光を照射したときに金属から電子が飛び出す現象の名称として最も適当なものを一つ選べ。 $\boxed{21}$

$\boxed{21}$ **の解答群**

① コンプトン効果	② ドップラー効果	③ ホール効果
④ 光電効果	⑤ ブラッグ反射	⑥ ラザフォード散乱

（2） この現象は，光がエネルギー $h\nu$，運動量の大きさ $\dfrac{h}{\lambda}$ の光子の集団であると考えることで説明できる。光子1個が持つ運動量の大きさを p としたとき，この1個の光子が持つエネルギーを求めよ。 $\boxed{22}$

$\boxed{22}$ **の解答群**

① pc　　② $\dfrac{p}{c}$　　③ $\dfrac{c}{p}$

④ $\sqrt{pc}$　　⑤ $\sqrt{\dfrac{p}{c}}$　　⑥ $\sqrt{\dfrac{c}{p}}$

（3） 陰極Kに用いた金属の仕事関数を求めよ。 $\boxed{23}$

$\boxed{23}$ **の解答群**

① $\dfrac{hc}{\lambda_0} + eV_0$　　② $\dfrac{hc}{\lambda_0} - eV_0$　　③ $eV_0 - \dfrac{hc}{\lambda_0}$

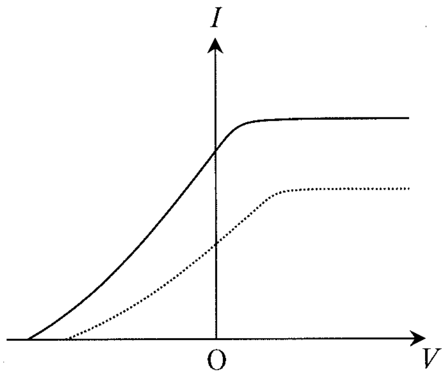
④ $\dfrac{h\lambda_0}{c} + eV_0$　　⑤ $\dfrac{h\lambda_0}{c} - eV_0$　　⑥ $eV_0 - \dfrac{h\lambda_0}{c}$

（4） 照射する単色光の波長を $\lambda = \lambda_0$ から変えずに，光の強度だけを強くしたときの I と V の関係を表したグラフとして最も適当なものを一つ選べ。ただし，点線は図 2 の実験結果を表す。

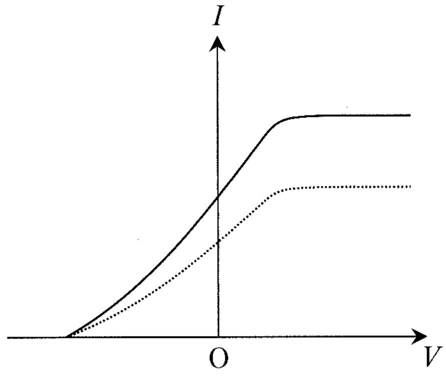
24

24 の解答群

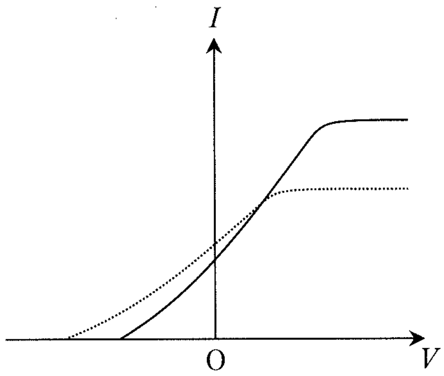
①



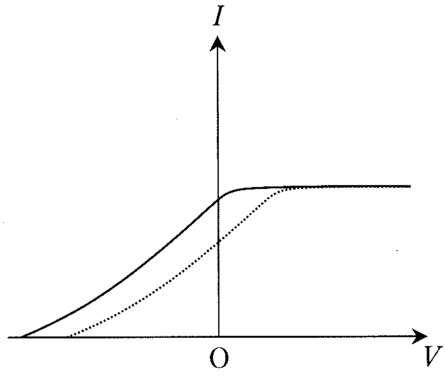
②



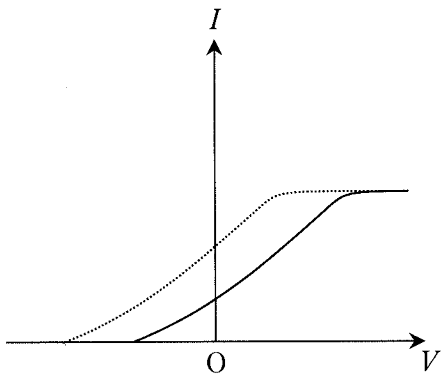
③



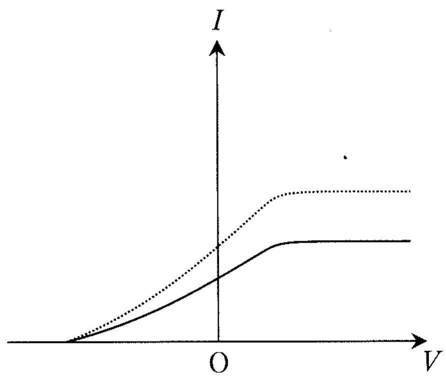
④



⑤



⑥



（5）　照射する光の波長を$\lambda = \lambda_1$にしたところ，阻止電圧の値は$-V_1$（$V_1 > 0$）となった。プランク定数hを求めよ。$\boxed{25}$

$\boxed{25}$ の解答群

① $\dfrac{e(V_0 - V_1)}{c(\lambda_1 - \lambda_0)}$　　② $\dfrac{c(\lambda_1 - \lambda_0)}{e(V_0 - V_1)}$

③ $\dfrac{e(V_0 - V_1)(\lambda_1 - \lambda_0)}{c\lambda_1\lambda_0}$　　④ $\dfrac{c\lambda_1\lambda_0}{e(V_0 - V_1)(\lambda_1 - \lambda_0)}$

⑤ $\dfrac{e(V_0 - V_1)\lambda_1\lambda_0}{c(\lambda_1 - \lambda_0)}$　　⑥ $\dfrac{c(\lambda_1 - \lambda_0)}{e(V_0 - V_1)\lambda_1\lambda_0}$

物理の問題はここまでです。