

物 理

問 題	選 択 方 法
第 1 問	必 答
第 2 問	必 答
第 3 問	必 答
第 4 問	必 答
第 5 問	} いずれか 1 問を選択し、 解答しなさい。
第 6 問	

第 1 問 (必答問題)

次の問い(問 1 ~ 5)に答えよ。

[解答番号 ~] (配点 25)

問 1 図 1 のように、質量が M で長さが 3ℓ の一様な棒の端点 A に軽い糸で物体をつなぎ、端点 A から ℓ だけ離れた点 O で棒をつると、棒は水平に静止した。このとき、物体の質量 m を表す式として正しいものを、下の①~⑤のうちから一つ選べ。 $m =$

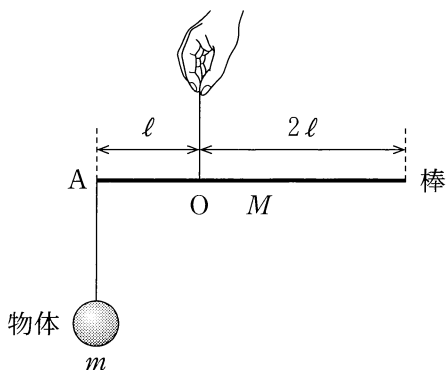
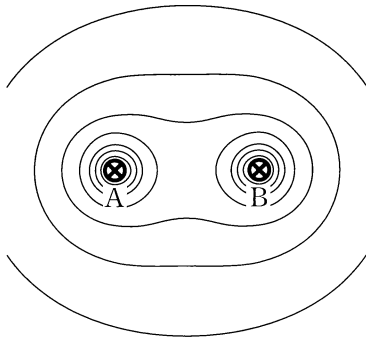


図 1

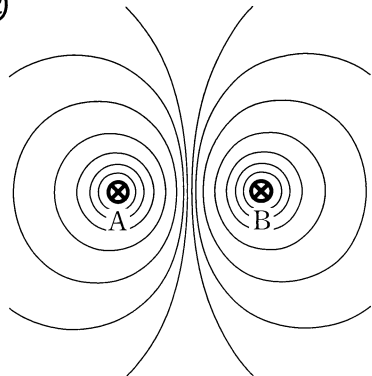
- ① $2M$ ② M ③ $\frac{1}{2}M$ ④ $\frac{1}{3}M$ ⑤ $\frac{1}{4}M$

問 2 紙面に垂直で十分に長い直線導線 A, B に, 紙面の表から裏に向かって同じ大きさの電流を流した。紙面内での磁力線の様子を表す図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, 磁力線の向きを表す矢印は省略してある。 2

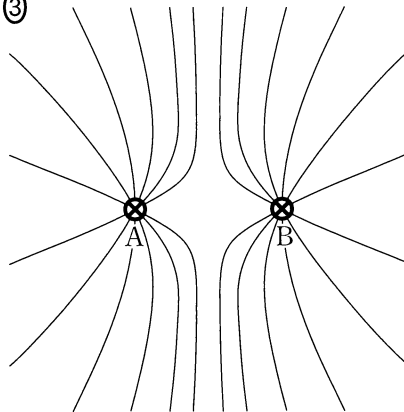
①



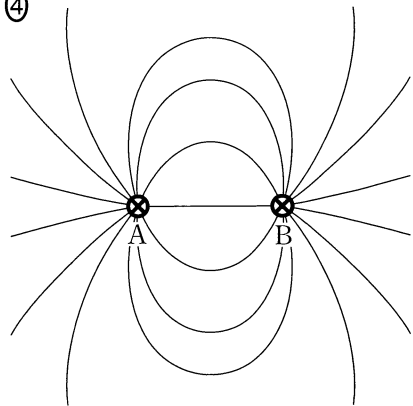
②



③



④



物 理

問 3 図 2 のように、入口 A から音を入れ、経路 ABC を通った音と経路 ADC を通った音が干渉した音を出口 C で聞く装置(クインケ管)がある。経路 ADC の長さは管 D を出し入れして変化させることができる。はじめに、A から一定の振動数の音を入れながら管 D の位置を調整して、C で聞く音が最小となるようにした。その状態から管 D をゆっくりと引き出すと、C で聞く音は大きくなったのち小さくなり、管 D をはじめに調整した位置から長さ L だけ引き出したとき再び最小となった。ただし、管 D を L だけ引き出すと、経路 ADC の長さは引き出す前より $2L$ だけ長くなる。音の波長 λ を表す式として最も適当なものを、下の①~⑤のうちから一つ選べ。 $\lambda =$ 3

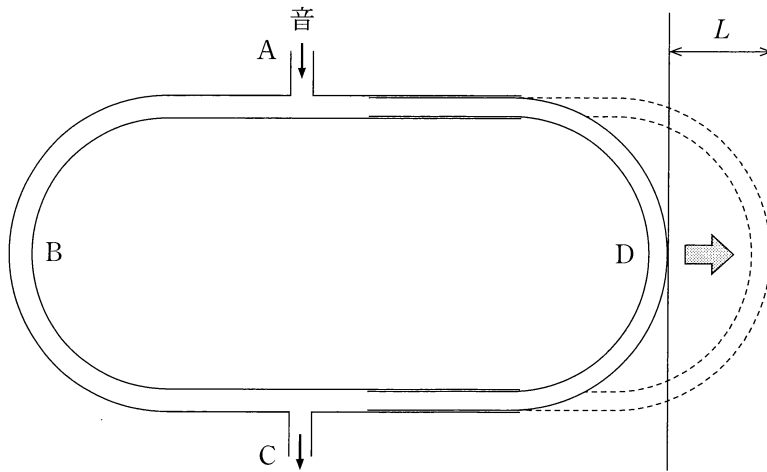


図 2

- ① $\frac{L}{4}$ ② $\frac{L}{2}$ ③ L ④ $2L$ ⑤ $4L$

問 4 次の文章中の空欄 **ア** ~ **ウ** に入れる数値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。 **4**

ピストンのついたシリンダー内に単原子分子の理想気体が閉じ込められている。この気体の絶対温度を一定に保って体積を **ア** 倍にすると、圧力は $\frac{1}{2}$ 倍になる。

一方、この気体の圧力を一定に保って絶対温度を $\frac{1}{2}$ 倍にすると、体積は **イ** 倍になり、気体の内部エネルギーは **ウ** 倍になる。

	ア	イ	ウ
①	2	2	$\frac{1}{2}$
②	2	2	$\frac{1}{4}$
③	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
④	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
⑤	$\frac{1}{2}$	2	$\frac{1}{2}$
⑥	$\frac{1}{2}$	2	$\frac{1}{4}$
⑦	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
⑧	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$

物 理

問 5 図 3 のように、なめらかな水平面上を右向きに速さ v で運動する質量 $2m$ の小球 A が、小球 A と逆向きに速さ $2v$ で運動する質量 m の小球 B と点 O で衝突した。衝突後、小球 A の速度の向きは水平面内で 45° 変化した。衝突後の小球 B の速度の向きとして最も適当なものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、①～⑧の矢印は水平面上にあり、⑤の左の破線は衝突前の小球 A の軌跡を示している。

5

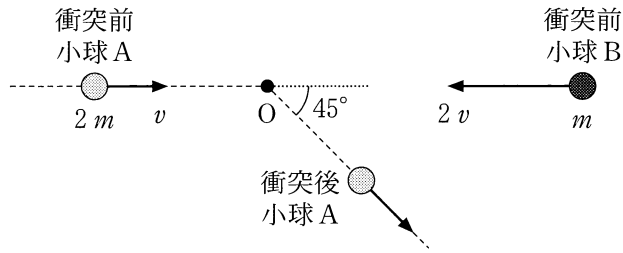
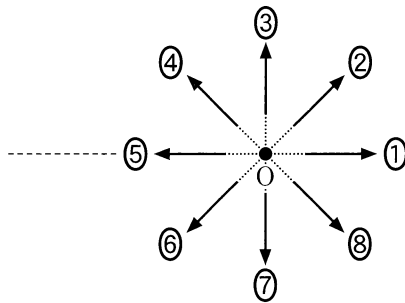


図 3



(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

物 理

第 2 問 (必答問題)

次の文章(A・B)を読み, 下の問い(問 1 ~ 4)に答えよ。

[解答番号 ~] (配点 20)

A 図 1(a)のように, 円筒形の導体を中心軸を含む平面で二つに切り離し, これら二つの導体で大きな誘電率をもつ薄い誘電体をはさんだ。これに電池をつないだ図 1(b)の回路は, 図 1(c)のように電気容量の等しい 2 個の平行板コンデンサーを並列接続した回路とみなせる。

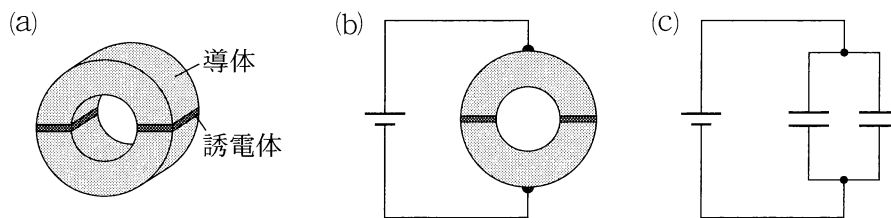


図 1

問 1 次に、導体を加工して、等しい形状の導体 P, Q, R, S に切り離し、
 図 1(a)と同じ誘電体をはさんだ。図 2 のように導体 P, R 間に電池をつない
 だ回路は、図 1(c)の平行板コンデンサーを 4 個接続した回路とみなせる。こ
 の回路として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 1

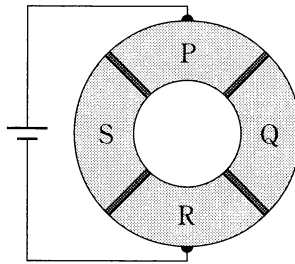
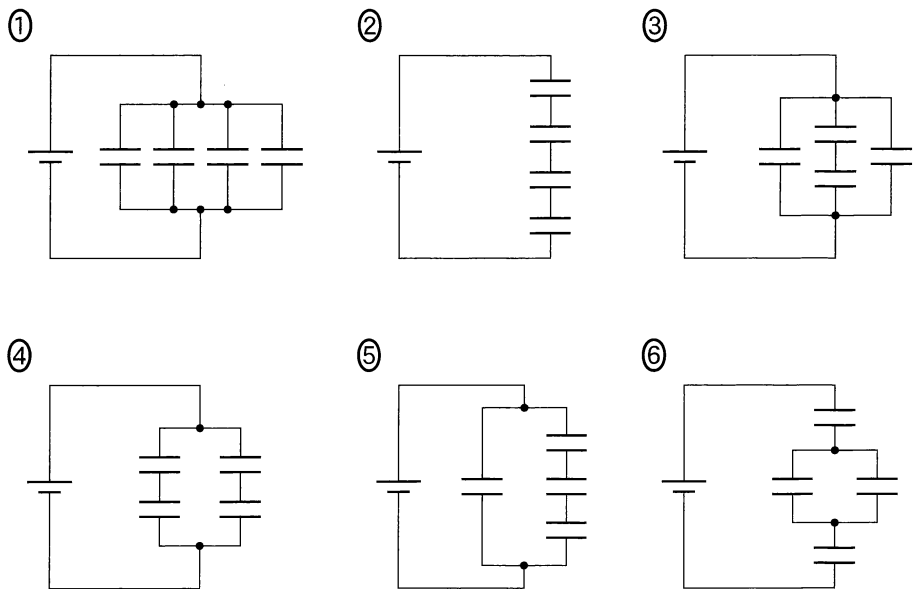


図 2



物 理

問 2 図 2 の回路から電池をはずした後、すべての電荷を放電させた。その後、図 3 のように、導体 P, S 間に電池をつないだ。十分に時間が経過した後の導体 Q, R 間の電圧は電池の電圧の何倍か。最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 倍

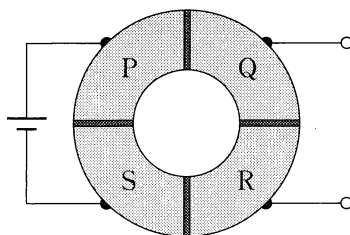


図 3

- | | | |
|-----|-----------------|-----------------|
| ① 0 | ② $\frac{1}{3}$ | ③ $\frac{1}{2}$ |
| ④ 1 | ⑤ 2 | ⑥ 3 |

(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

物 理

B 図4のように、互いに平行な板状の電極 P, Q が紙面に垂直に置かれている。質量 m 、電気量 q ($q > 0$) の荷電粒子 A が電極 P, Q の穴を通過した後、面 S に達した。Q に対する P の電位は V であり、電極 P, Q の穴を通過したときの粒子の進行方向は、それぞれの電極の面に垂直であった。電極 Q と面 S の間の灰色の領域では、紙面に垂直に裏から表の向きへ一様な磁場(磁界)がかけられており、電場(電界)はないとする。ただし、装置はすべて真空中に置かれており、重力の影響は無視できるものとする。

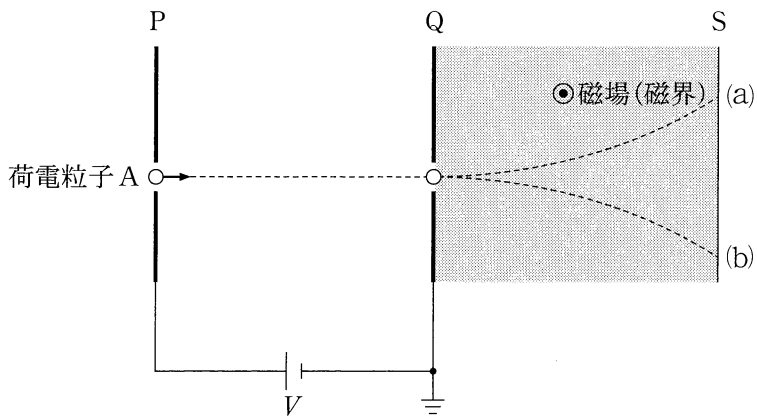


図 4

問 3 次の文章中の空欄 **ア** ・ **イ** に入れる記号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。 **3**

荷電粒子 A は、一様な磁場から力を受けて図 4 の **ア** の軌道を描いて面 S に達した。面 S に達する直前の荷電粒子 A の運動エネルギーは、電極 Q の穴を通過したときの運動エネルギーと比べて **イ**。

	①	②	③	④	⑤	⑥
ア	(a)	(a)	(a)	(b)	(b)	(b)
イ	小さい	変わらない	大きい	小さい	変わらない	大きい

問 4 次の文章中の空欄 **ウ** ・ **エ** に入れる式と語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**

電極 P の穴を速さ v で通過した荷電粒子 A が、電極 Q の穴を速さ $2v$ で通過した。このとき、Q に対する P の電位 V は **ウ** と表される。この V のもとで、電気量 q で質量が m より大きい荷電粒子 B が電極 P の穴を速さ v で通過した。この荷電粒子 B が電極 Q の穴を通過したときの速さは $2v$ よりも **エ**。

	①	②	③	④	⑤	⑥
ウ	$\frac{mv^2}{2q}$	$\frac{mv^2}{2q}$	$\frac{3mv^2}{2q}$	$\frac{3mv^2}{2q}$	$\frac{5mv^2}{2q}$	$\frac{5mv^2}{2q}$
エ	小さい	大きい	小さい	大きい	小さい	大きい

物 理

第 3 問 (必答問題)

次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 20)

A 水面波のドップラー効果について考える。 x 軸方向に十分長く、水の流れがない直線状の水路がある。原点 O から十分遠方の $x < 0$ の位置に波源を設置して、周期 T で振動させると、この水路の水面に x 軸の正の向きに速さ V で進む波が発生する。ただし、波は進行方向に正弦波として伝わるものとする。

問 1 次の文章中の空欄 ・ に入れる式の組合せとして正しいものを、次ページの①～⑥のうちから一つ選べ。

はじめに、波源の位置を固定し、波を発生させた。このとき、波の隣り合う山と山は だけ離れている。観測者は、図 1 のように、水路に沿って x 軸の正の向きへ速さ v_0 ($v_0 < V$) で移動しながら、観測者と同じ x 座標における水面の変位を観測する。観測者が図 1 (a) のように最初の山を観測してから、図 1 (b) のように次の山を観測するまでにかかる時間 T_1 は となり、観測者が観測する波の振動数は $\frac{1}{T_1}$ となる。

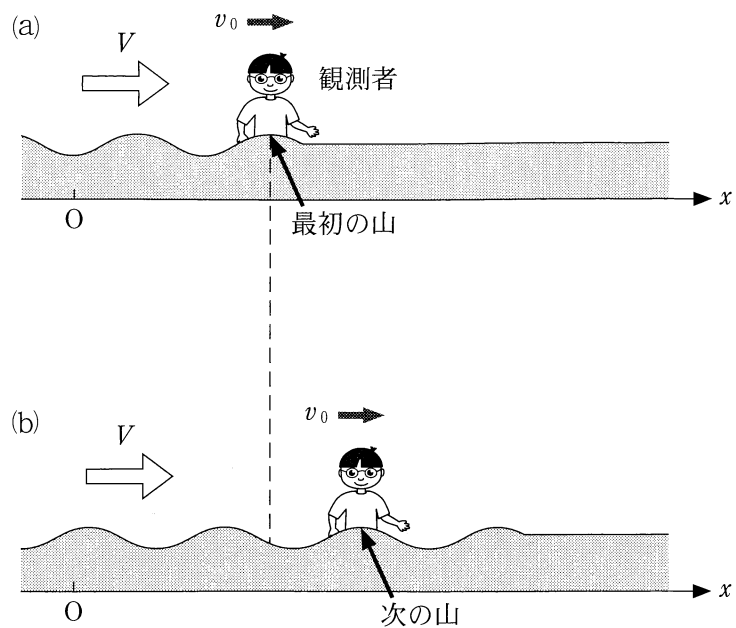


図 1

	ア	イ
①	$\frac{V}{2} T$	$\frac{V}{2(V - v_0)} T$
②	$\frac{V}{2} T$	$\frac{V}{2(V + v_0)} T$
③	VT	$\frac{V}{V - v_0} T$
④	VT	$\frac{V}{V + v_0} T$
⑤	$2VT$	$\frac{2V}{V - v_0} T$
⑥	$2VT$	$\frac{2V}{V + v_0} T$

物 理

問 2 次に、波源の位置を最初は固定し、ある時刻から動かすことを考える。時刻 $t = 0$ から波を発生させた。 $t = 2T$ までは波源の位置を固定し、 $t = 2T$ からは x 軸の正の向きへ波源を一定の速さ $\frac{V}{4}$ で移動させた。波源の位置で $t = 2T$ に発生した波が、原点 O に到達したときの波形を図 2 に示す。波源の位置で $t = 4T$ に発生した波が、原点 O に到達したときの波形を表す図として最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。ただし、図では $x \geq 0$ の領域の波形を示した。 2

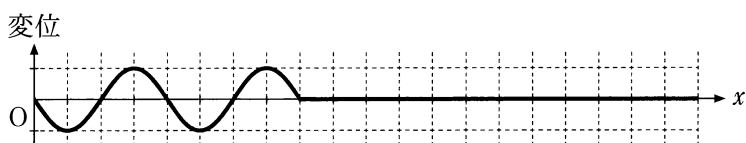
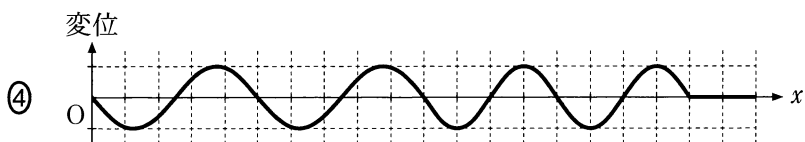
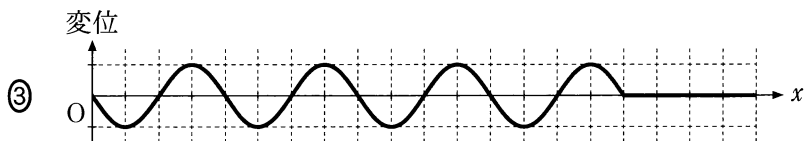
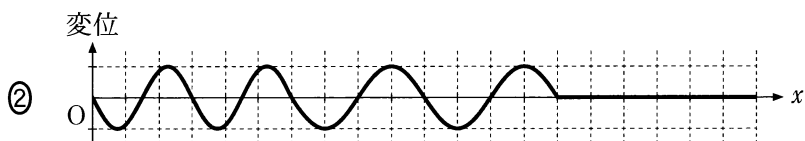
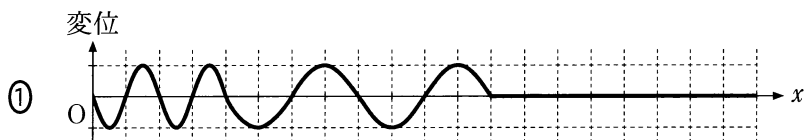


図 2



(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

物 理

B 光の干渉について考える。

問 3 次の文章中の空欄 ・ に入れる語句の組合せとして最も適当なものを、次ページの①～⑥のうちから一つ選べ。

図 3 のように、光源から出た単色光が単スリット S_0 に入射すると、その回折光は複スリット S_1 , S_2 を通り、スクリーンに明暗のしま模様が観測された。

光源として赤の単色光を使った場合と紫の単色光を使った場合とを比較すると、スクリーン上の隣り合う明線の間隔が狭いのは の単色光である。次に、 S_1 と S_2 の間隔 d を狭くした。このとき、スクリーン上の隣り合う明線の間隔は 。

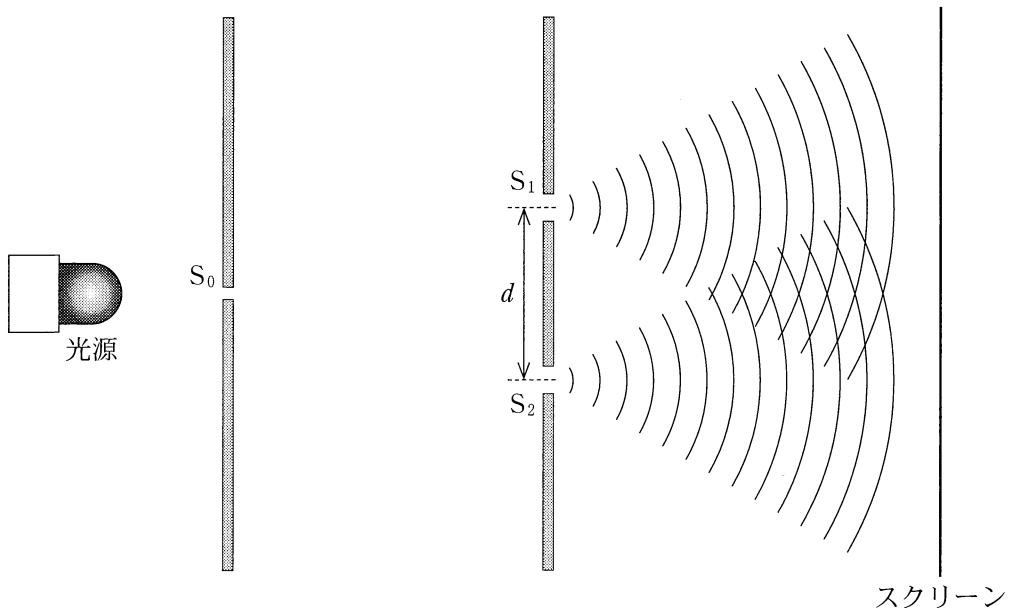


図 3

	ウ	エ
①	赤	狭くなる
②	赤	変わらない
③	赤	広くなる
④	紫	狭くなる
⑤	紫	変わらない
⑥	紫	広くなる

物 理

問 4 次の文章中の空欄 **オ** ・ **カ** に入れる式と語句の組合せとして最も適当なものを、次ページの①～⑨のうちから一つ選べ。 **4**

一方が平面で他方が半径 R の球面になっている平凸レンズを、図4のように、球面を下にして平面ガラスにのせて、真上から平面ガラスに垂直に波長 λ の単色光を当てる。その反射光を上から見ると、暗環と明環が交互に並ぶ同心円状のしま模様が観測された。ただし、空気の屈折率を1とし、平凸レンズと平面ガラスは屈折率 n ($n > 1$) の媒質でできているとする。

図4のように、平面ガラス上のある点 P における鉛直方向の空気層の厚さを d とすると、平凸レンズの下面で反射した光と、平面ガラスの上面で反射した光が強め合う条件は、 m を0以上の整数として $2d = \lambda \times$ **オ** となる。ただし、 d は R に比べて十分小さい。

次に、平凸レンズと平面ガラスの間の空気層を、屈折率 n' ($1 < n' < n$) の透明な液体で満たす。このとき、最も内側の明環の半径は、液体で満たす前と比べて **カ** 。ただし、平凸レンズ上面からの反射光の影響は無視できるとする。

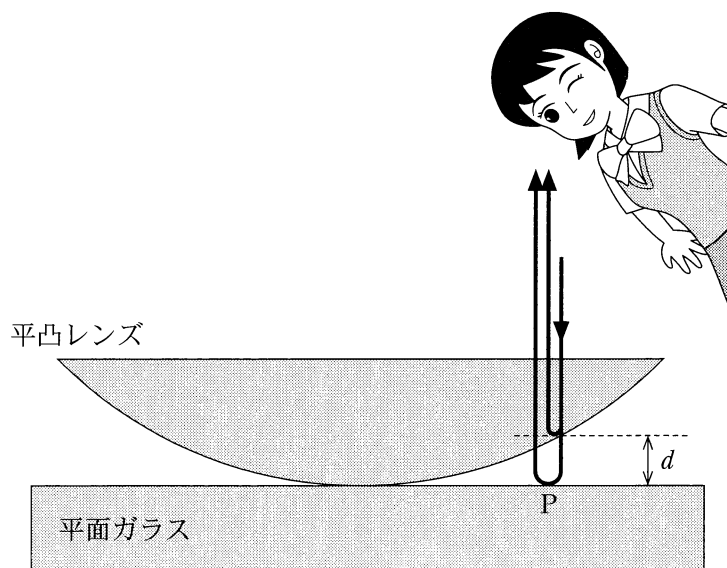


図 4

	オ	カ
①	m	小さくなる
②	m	変化しない
③	m	大きくなる
④	$m + \frac{1}{4}$	小さくなる
⑤	$m + \frac{1}{4}$	変化しない
⑥	$m + \frac{1}{4}$	大きくなる
⑦	$m + \frac{1}{2}$	小さくなる
⑧	$m + \frac{1}{2}$	変化しない
⑨	$m + \frac{1}{2}$	大きくなる

物 理

第 4 問 (必答問題)

次の文章(A・B)を読み, 下の問い(問 1 ~ 4)に答えよ。

[解答番号 ~] (配点 20)

A 図 1 のように, 水平でなめらかな床面上で, 質量 m , 速さ v の小物体 A を点 O で静止していた質量 $3m$ の小物体 B に衝突させた。衝突後, 小物体 A は小物体 B と合体して質量 $4m$ の小物体 C となり, 速さは V となった。その後, 小物体 C は半径 r のなめらかな円筒の内面に沿って運動した。ただし, 小物体 A, B, C はすべて同じ鉛直面内で運動し, 円筒の中心軸はこの鉛直面に垂直であるとする。また, 点 P は円筒の内面の最高点を表し, 重力加速度の大きさを g とする。

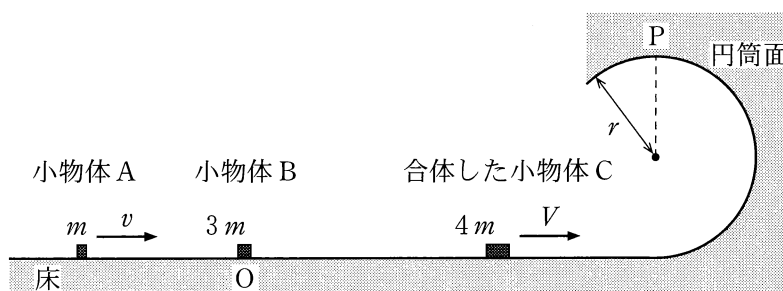


図 1

問 1 合体直後の小物体 C の速さ V を表す式として正しいものを, 次の①~⑤のうちから一つ選べ。 $V =$

- ① $\frac{1}{4}v$ ② $\frac{1}{2}v$ ③ v ④ $2v$ ⑤ $4v$

問 2 小物体 C が円筒の内面に沿って点 P を通過するために必要な V の最小値を表す式として正しいものを, 次の①~⑤のうちから一つ選べ。

- ① $\sqrt{3gr}$ ② $\sqrt{4gr}$ ③ $\sqrt{5gr}$ ④ $\sqrt{6gr}$ ⑤ $\sqrt{7gr}$

(下 書 き 用 紙)

物理の試験問題は次に続く。

物 理

B 図2のように、質量 m の小球 1, 2 をばね定数 k の軽いばねでつなぎ、軽い糸を小球 1 に取り付けて、全体をつり下げ静止させた。ただし、重力加速度の大きさを g とする。

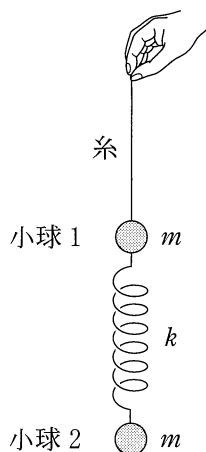


図 2

問 3 この状態で、ばねは自然の長さより s だけ伸びており、糸が小球 1 を引く張力の大きさは T である。 s と T を表す式の組合せとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 3

	s	T
①	$\frac{mg}{2k}$	mg
②	$\frac{mg}{2k}$	$2mg$
③	$\frac{mg}{k}$	mg
④	$\frac{mg}{k}$	$2mg$
⑤	$\frac{2mg}{k}$	mg
⑥	$\frac{2mg}{k}$	$2mg$

物 理

問 4 その後、糸を静かに放す。放した直後の、小球 1, 2 それぞれの加速度の大きさ a_1 , a_2 を表す式の組合せとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 4

	a_1	a_2
①	g	0
②	g	$\frac{g}{2}$
③	g	g
④	$2g$	0
⑤	$2g$	$\frac{g}{2}$
⑥	$2g$	g

第5問 (選択問題)

次の文章を読み、下の問い(問1～3)に答えよ。

(解答番号 ～)(配点 15)

水槽に入れた水温が T_1 (絶対温度) の水に、理想気体を閉じ込めた円筒容器を浮かべる。図1のように、容器は上面が閉じ、下面が開いており、側面に小さな孔^{あな}がある。容器の質量は m 、断面積は S であり、その厚さは無視できる。容器内の気体の圧力が p_1 であり、容器内の水位が水槽の水面から l_1 だけ下がったところにあるとき、容器の上面が水面と接するように浮いた。ただし、大気圧を p_0 とし、容器内の気体の質量は無視でき、その温度は常に水温と同じであるとする。また、水の密度 ρ は変化せず、水の蒸発の影響は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g とする。

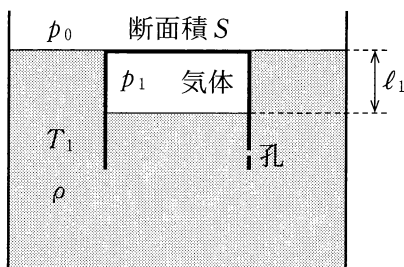


図 1

問1 図1のように容器が浮いているとき、 l_1 を表す式として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $l_1 =$

① $\frac{m}{\rho S}$

② $\frac{\rho S}{m}$

③ $\frac{mS}{\rho}$

④ $\frac{m}{m + \rho S}$

問 2 次に、水温を T_1 から下げると、容器は水槽の底まで沈んだ。その後、水温を上げて T_1 に戻しても容器は上昇しなかったが、さらに水温を上げると容器は上昇を始めた。上昇を始めたとき、図 2 のように、容器内の気体の圧力は p_2 、容器内の水位は水槽の水面から l_2 だけ下がったところにあった。このとき、容器が水槽の底面から受ける垂直抗力の大きさ N と、容器内の気体の圧力 p_2 を表す式の組合せとして正しいものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、容器が水槽の底に沈んだ状態であっても、容器側面の孔を通して水は出入りできる。

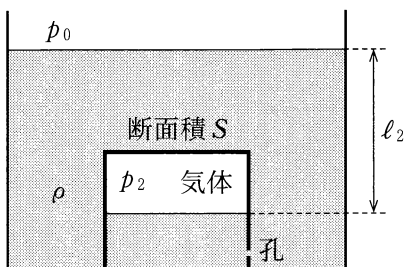


図 2

	①	②	③	④	⑤	⑥
N	0	0	0	mg	mg	mg
p_2	$p_0 + \rho l_1 g$	$p_0 + \rho l_2 g$	$p_0 + \rho(l_2 - l_1)g$	$p_0 + \rho l_1 g$	$p_0 + \rho l_2 g$	$p_0 + \rho(l_2 - l_1)g$

問 3 図 2 のように水槽に沈んでいる容器の中の気体の体積が、図 1 の場合より大きくなると、容器は上昇を始める。容器が上昇を始める直前の水温を表す式として正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① $\frac{p_1 + p_2}{p_2 - p_1} T_1$ ② $\frac{p_1}{p_2 - p_1} T_1$ ③ $\frac{p_2}{p_1} T_1$
- ④ $\frac{p_1 + p_2}{p_1} T_1$ ⑤ $\frac{p_2 - p_1}{p_1 + p_2} T_1$

物 理 第5問・第6問は、いずれか1問を選択し、解答しなさい。

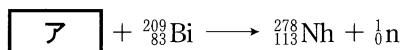
第6問 (選択問題)

原子核と放射線に関する次の問い(問1～3)に答えよ。

[解答番号 ~] (配点 15)

問1 次の文章中の空欄 ・ に入れる式と数値の組合せとして最も
 適当なものを、下の①～⑨のうちから一つ選べ。

ニホニウム(Nh)は原子番号113の元素で、2015年に日本の研究グループが
 命名権を獲得した新元素である。命名権獲得のきっかけとなった実験では、



という反応によりニホニウムを生成した。生成された ${}^{278}_{113}\text{Nh}$ は 回の α
 崩壊をして、 ${}^{254}_{101}\text{Md}$ (メンデレビウム)原子核になったことが確認された。

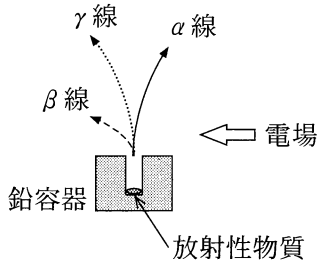
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
ア	${}^{69}_{29}\text{Cu}$	${}^{69}_{29}\text{Cu}$	${}^{69}_{29}\text{Cu}$	${}^{69}_{30}\text{Zn}$	${}^{69}_{30}\text{Zn}$	${}^{69}_{30}\text{Zn}$	${}^{70}_{30}\text{Zn}$	${}^{70}_{30}\text{Zn}$	${}^{70}_{30}\text{Zn}$
イ	3	6	12	3	6	12	3	6	12

問2 原子核の結合エネルギーは、質量欠損から求めることができる。 ${}^4_2\text{He}$
 原子核の結合エネルギーは何Jか。最も適当なものを、次の①～⑥のうち
 から一つ選べ。ただし、陽子の質量は 1.673×10^{-27} kg、中性子の質量は
 1.675×10^{-27} kg、 ${}^4_2\text{He}$ 原子核の質量は 6.645×10^{-27} kg、真空中の光の速さ
 は 3.0×10^8 m/s とする。 J

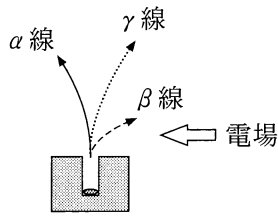
- ① 5.2×10^{-29} ② 3.3×10^{-27} ③ 1.6×10^{-20}
 ④ 9.9×10^{-19} ⑤ 4.6×10^{-12} ⑥ 3.0×10^{-10}

問 3 穴の開いた鉛容器に放射性物質を入れて、鉛直上向きに α 線, β 線(電子), γ 線を放出させる。水平方向に電場(電界)をかけると、3種類の放射線は異なる進み方をする。電場の向きとこれらの放射線の軌道を表す図として最も適当なものを、次の①~⑥のうちから一つ選べ。 3

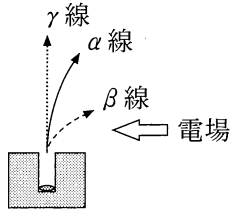
①



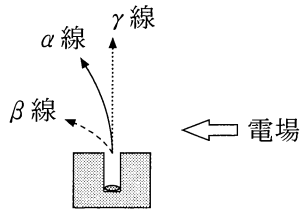
②



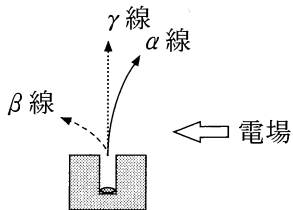
③



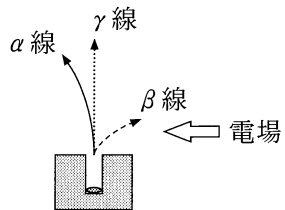
④



⑤



⑥



物 理

(下書き用紙)