

物理

I

以下の問いでは、重力加速度 (acceleration due to gravity) の大きさを g とし、空気の抵抗は無視できるものとする。

A 国際単位系 (SI) では、長さ [m]、質量 [kg]、時間 [s]、電流 [A] が基本単位の一部として使われている。

問 1 圧力と電気抵抗 (electric resistance) の単位を、これらの基本単位の組み合わせで表すとどうなるか。正しいものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

1

	圧力	電気抵抗
①	$[\text{m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}]$	$[\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}]$
②	$[\text{m}^{-2} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}]$	$[\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}]$
③	$[\text{m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}]$	$[\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-2}]$
④	$[\text{m}^{-2} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}]$	$[\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-2}]$
⑤	$[\text{m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}]$	$[\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-4} \cdot \text{A}^{-2}]$
⑥	$[\text{m}^{-2} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}]$	$[\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-4} \cdot \text{A}^{-2}]$

B 次の図 1 のように、軽いばねの一方の端を持ち、もう一方の端におもりをつけてつるしたところ、ばねは自然長より 20cm 伸びた状態でつりあった。次に図 2 のように、おもり全体を水中に入れてつるしたところ、ばねは自然長より 15cm 伸びた状態でつりあった。

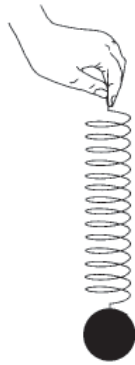


図 1

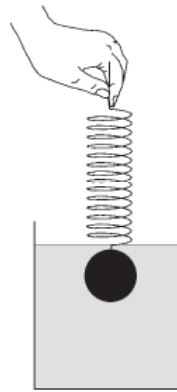


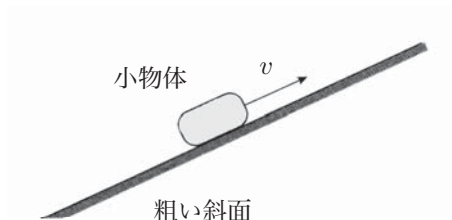
図 2

問 2 このおもりの密度 (density) は水の密度の何倍か。最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

2

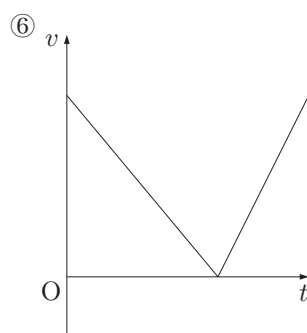
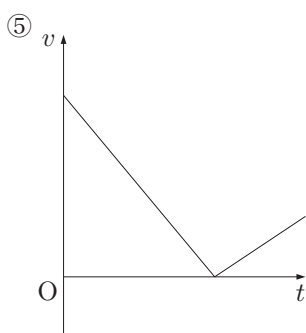
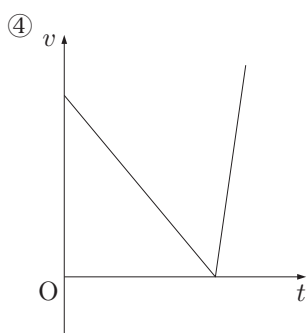
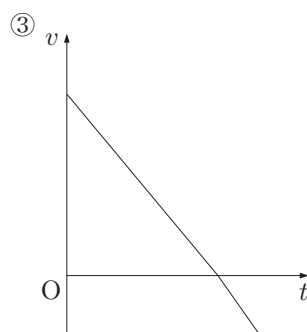
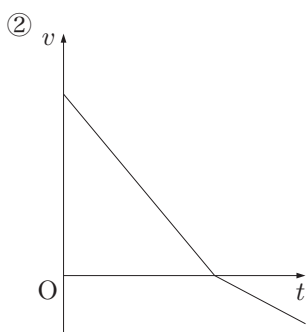
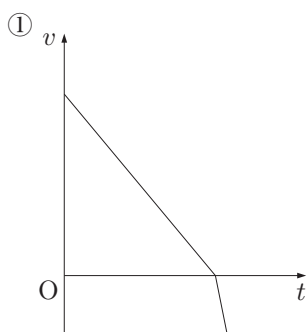
- ① 1.5 倍 ② 2.0 倍 ③ 2.5 倍 ④ 3.0 倍 ⑤ 3.5 倍 ⑥ 4.0 倍

C 次の図のように、粗い斜面上の小物体に、斜面に沿って上向きの初速度を与えたところ、小物体は斜面を上り、最高点に達した後、下ってきた。小物体の速度を v とし、斜面を上る向きを v の正の向きとする。また、運動を開始してからの経過時間を t とする。

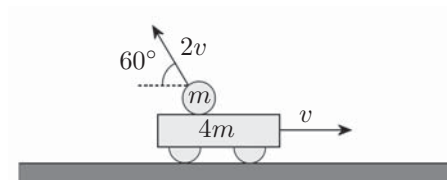


問 3 v と t の関係を表すグラフとして、最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

3



D 質量 $4m$ の台車 (wagon) が質量 m の小球をのせて、なめらかで水平な床の上を右向きに動いている。この小球が左向き上方に向かって発射された。発射直後、床の上に静止している人が観測したところ、次の図のように、台車は水平右向きに速さ v で、小球は水平方向から角度 60° の向きに速さ $2v$ で動いていた。

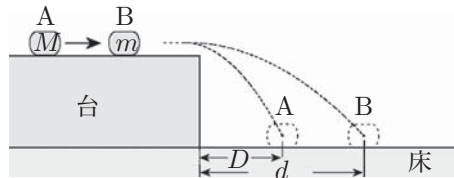


問 4 発射前の台車の速さはいくらか。正しいものを、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。

4

- ① $\frac{2}{5}v$ ② $\frac{4 - \sqrt{3}}{5}v$ ③ $\frac{3}{5}v$ ④ $\frac{4}{5}v$ ⑤ $\frac{6}{5}v$

E 次の図のように、水平な床の上に固定された水平な台の上で、質量 M の小物体 A が、静止していた質量 m の小物体 B に衝突した。その後、A と B は台の端から、水平に飛び出し、床に落下した。台の端から A の落下した地点までの水平距離 D は、B の落下した地点までの水平距離 d の $\frac{1}{2}$ であった。A、B と台との間に摩擦はないものとする。



問 5 A と B の間のはねかえり係数 (coefficient of restitution) はいくらか。正しいものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

5

① $\frac{M}{m+2M}$

② $\frac{M}{2m+M}$

③ $\frac{2M}{m+2M}$

④ $\frac{m}{m+2M}$

⑤ $\frac{m}{2m+M}$

⑥ $\frac{2m}{m+2M}$

F 質量 m の 2 つの小物体 A, B がある。次の図 1 のように, A は軽くて伸びない糸で鉛直に (vertically) つるされ, B は A に接するように粗い水平な床の上に置かれている。図 2 のように, 糸を張ったまま, 最初の位置からの高さ h の位置まで A を持ち上げ, 静かに手を離した。A は B と弾性衝突 (elastic collision) し, B は床の上を距離 d だけ滑って止まった。

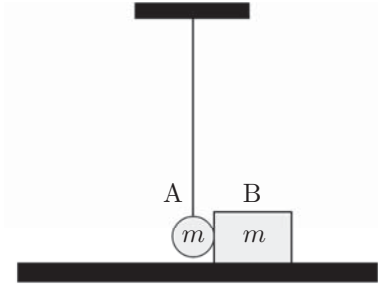


図 1

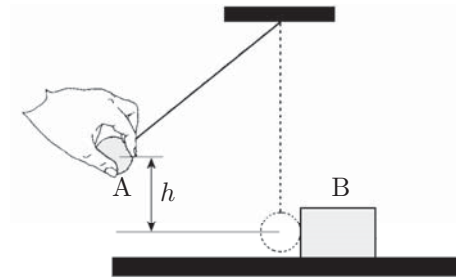


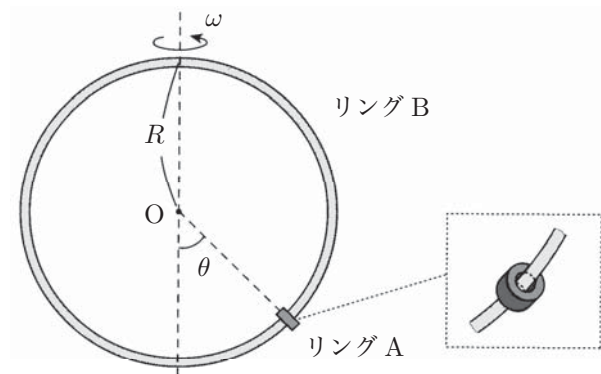
図 2

問 6 B と床との間の動摩擦係数 (coefficient of kinetic friction) はいくらか。正しいものを, 次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

6

- ① $\frac{h}{2d}$ ② $\frac{h}{d}$ ③ $\frac{2h}{d}$ ④ $\frac{d}{2h}$ ⑤ $\frac{d}{h}$ ⑥ $\frac{2d}{h}$

G 質量 m の小さいリング A を半径 R の大きいリング B に通し、A が B に沿って自由に動けるようにした。次の図のように、B を鉛直に (vertically) 立て、中心 O を通る鉛直軸 (vertical axis) の周りに角速度 (angular velocity) ω で回転させた。このとき、A は B 上のある点で留まっていた。OA と鉛直軸とのなす角は θ であった。A と B の間の摩擦はないものとする。



問 7 角速度 ω の値はいくらか。正しいものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

7

① $\cos \theta \sqrt{\frac{g}{R}}$

② $\sqrt{\frac{g \cos \theta}{R}}$

③ $\sqrt{\frac{g}{R \cos \theta}}$

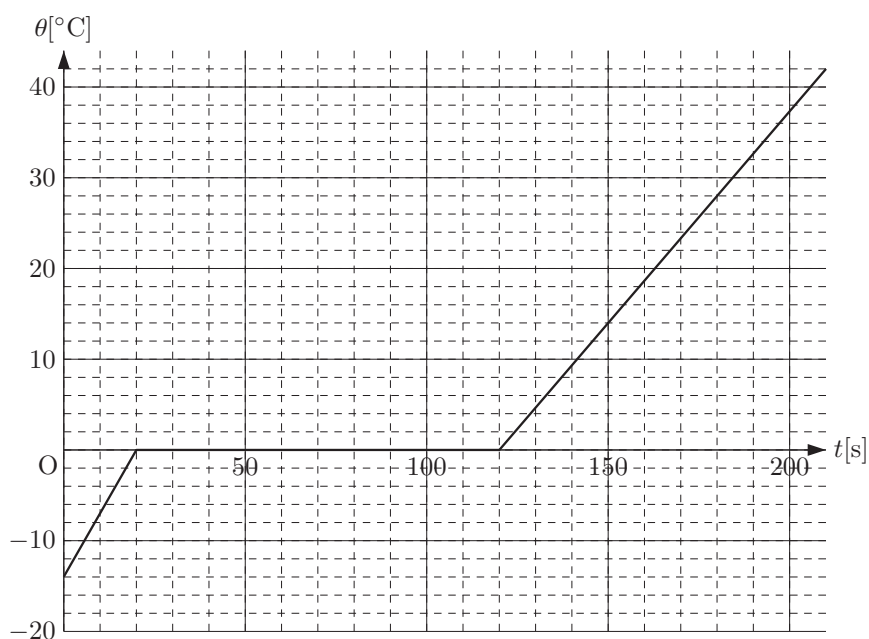
④ $\sqrt{\frac{g \sin \theta}{R}}$

⑤ $\sqrt{\frac{g \tan \theta}{R}}$

⑥ $\frac{1}{\cos \theta} \sqrt{\frac{g \sin \theta}{R}}$

Ⅱ 次の問い A(問 1), B(問 2), C(問 3) に答えなさい。

A 銅の容器に氷を入れ断熱材で囲み、ヒーターで $1.0 \times 10^3 \text{ J/s}$ の割合で加熱した。グラフはこのときの経過時間 t と温度 θ の関係を示している。ヒーターからの熱はすべて容器、氷、水に伝わり、それ以外に外部との熱のやり取りはないものとする。また、水の比熱 (specific heat) を $4.2 \text{ J/g}\cdot\text{K}$ 、銅の比熱を $0.39 \text{ J/g}\cdot\text{K}$ 、氷の融解熱 (heat of fusion) を $3.3 \times 10^2 \text{ J/g}$ とする。



問 1 銅の容器の質量はいくらか。最も適当な値を、次の①～④の中から一つ選びなさい。

8

- ① $3.0 \times 10^2 \text{ g}$ ② $1.2 \times 10^3 \text{ g}$ ③ $1.9 \times 10^3 \text{ g}$ ④ $2.6 \times 10^3 \text{ g}$

B 次の図 1 のように、鉛直に (vertically) 置かれたシリンダーと、断面積 S 、質量 M のなめらかに動くピストンで、理想気体 (ideal gas) を閉じ込めた。このときの気体部分の高さは L_0 、気体を含む装置の絶対温度は T_0 であった。次に、図 2 のように、ピストンの上に質量 m のおもりをのせ、気体部分の高さが L_0 になるまで装置全体を温めると、全体の絶対温度は T になった。ただし、大気圧を p_0 、重力加速度 (acceleration due to gravity) の大きさを g とする。

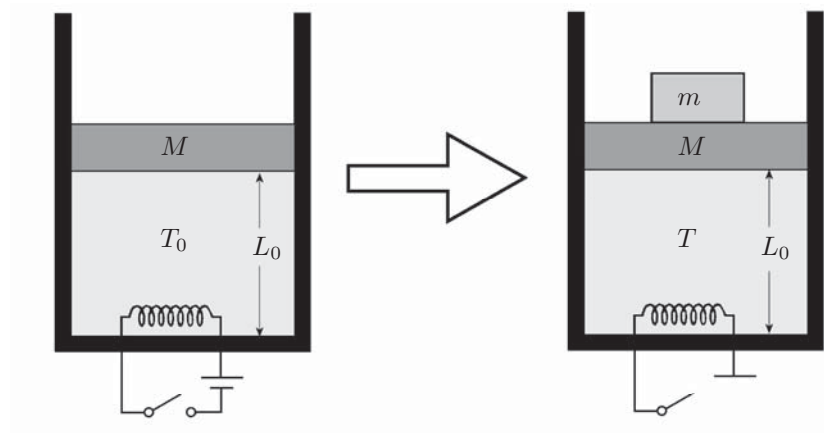


図 1

図 2

問 2 T はいくらか。正しいものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

9

① $\left(1 + \frac{M}{m}\right) T_0$

② $\left(1 + \frac{Mg}{p_0 S}\right) T_0$

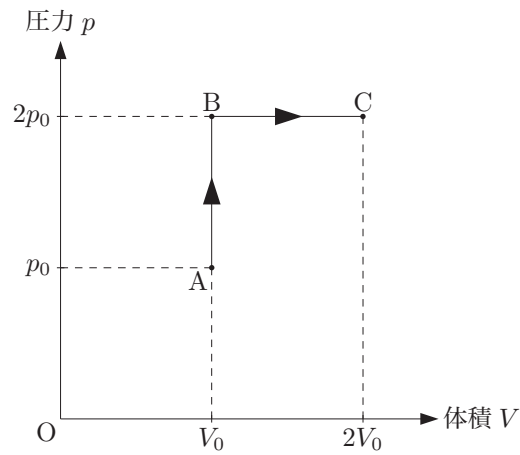
③ $\left(1 + \frac{Mg}{p_0 S + mg}\right) T_0$

④ $\left(1 + \frac{m}{M}\right) T_0$

⑤ $\left(1 + \frac{mg}{p_0 S}\right) T_0$

⑥ $\left(1 + \frac{mg}{p_0 S + Mg}\right) T_0$

B $n[\text{mol}]$ の単原子分子理想気体 (monoatomic ideal gas) の状態を次の $p - V$ 図のように $A \rightarrow B \rightarrow C$ と変化させた。初めの状態 A の絶対温度を T とし、気体定数 (gas constant) を R とする。



問 3 過程 $A \rightarrow B \rightarrow C$ で、気体に加えた熱量 (quantity of heat) はいくらか。正しいものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

10

① $\frac{9}{2}nRT$

② $\frac{11}{2}nRT$

③ $\frac{13}{2}nRT$

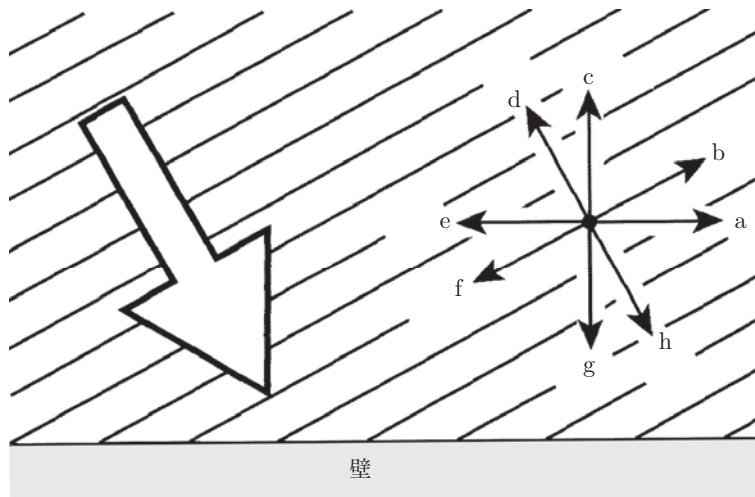
④ $\frac{15}{2}nRT$

⑤ $\frac{17}{2}nRT$

⑥ $\frac{19}{2}nRT$

III 次の問い A(問 1), B(問 2), C(問 3) に答えなさい。

A 次の図は、水面上の平面波が鉛直な壁に対して斜めに入射しているところを、真上から見た図である。図中の実線は、ある時刻の入射波の山を表している。壁では自由端での反射が起こり、反射波が生じる。

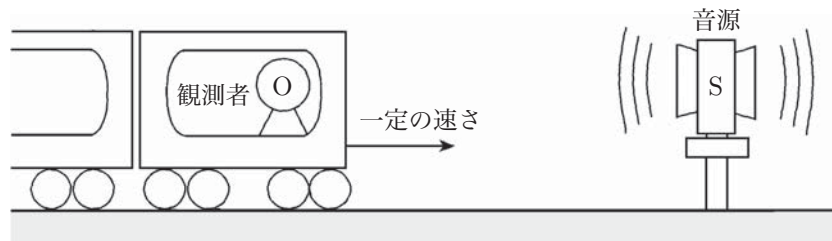


問 1 入射波と反射波が干渉 (interference) して強め合つてできる山は、時間とともに図中の矢印 a～h のどの向きに移動するか。最も適当なものを、次の①～⑧の中から一つ選びなさい。

11

- ① a ② b ③ c ④ d ⑤ e ⑥ f ⑦ g ⑧ h

B 次の図のように、振動数 f 、波長 λ の音を発している音源 (sound source) S のそばを、観測者 O が一定の速さで通過する。



問 2 O が S に近づくときと O が S から遠ざかるときのそれぞれについて、O が観測する音の振動数 f' 、波長 λ' は、 f 、 λ と比べてどのようなになるか。最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

12

	O が S に近づくとき	O が S から遠ざかるとき
①	$f' < f, \lambda' < \lambda$	$f' > f, \lambda' < \lambda$
②	$f' < f, \lambda' = \lambda$	$f' > f, \lambda' = \lambda$
③	$f' < f, \lambda' > \lambda$	$f' > f, \lambda' > \lambda$
④	$f' > f, \lambda' < \lambda$	$f' < f, \lambda' < \lambda$
⑤	$f' > f, \lambda' = \lambda$	$f' < f, \lambda' = \lambda$
⑥	$f' > f, \lambda' > \lambda$	$f' < f, \lambda' > \lambda$

C^{にじ} 虹は、空気中の水滴に入った太陽光の屈折と反射と分散 (dispersion) により発生する。虹のある色の半径を見込む角は、図 1 のように、入射した太陽光と水滴で屈折・反射した光のなす角 θ に等しい。図 2 に示すように、小さな半径の虹と大きな半径の虹が同時に見える場合がある。一方の虹 A は、図 3 のように水滴中で 1 回だけ反射して生じ、その色は内側から紫から赤へと変化する。もう一方の虹 B は、図 4 のように 2 回反射して生じる。

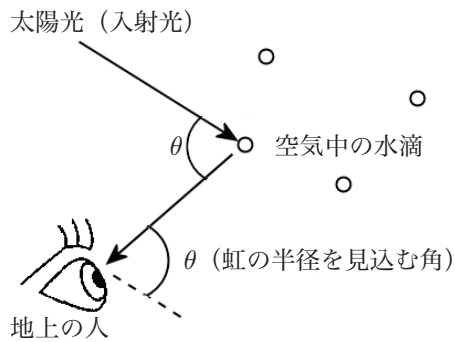


図 1

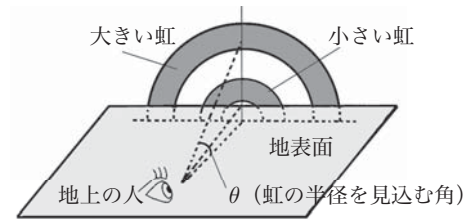


図 2

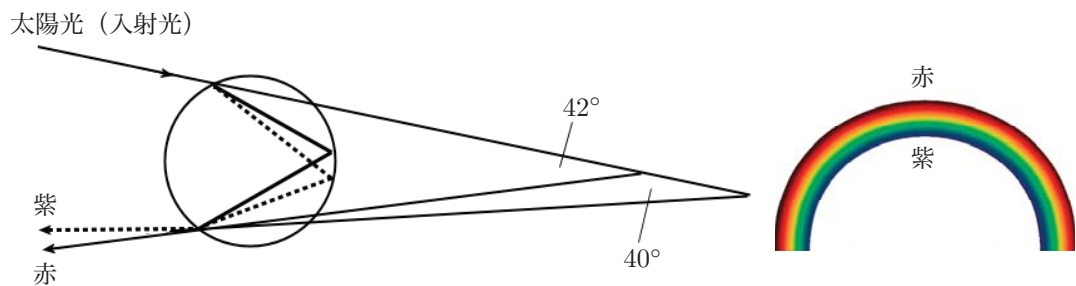


図 3 虹 A

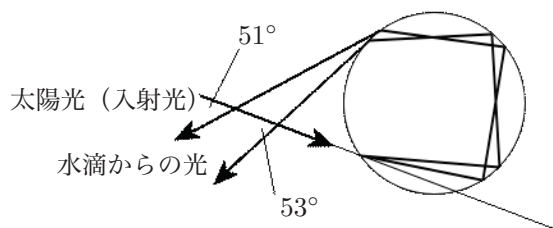


図 4 虹 B

問 3 虹 B は、半径の大きい虹か、小さい虹か。また、その色は内側からどのように変化するか。正しい組み合わせを、次の①～④の中から一つ選びなさい。

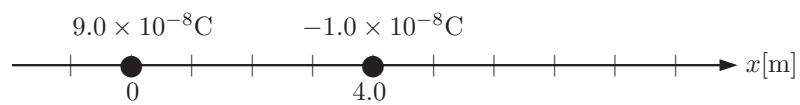
13

	虹 B の半径	内側からの変化
①	小	赤から紫へ
②	小	紫から赤へ
③	大	赤から紫へ
④	大	紫から赤へ

IV

次の問い A(問 1), B(問 2), C(問 3), D(問 4), E(問 5), F(問 6) に答えなさい。

A 次の図のように、軸上の原点に $9.0 \times 10^{-8}\text{C}$ の点電荷 (point charge) を固定し、 $x = 4.0\text{m}$ の位置に $-1.0 \times 10^{-8}\text{C}$ の点電荷を固定した。

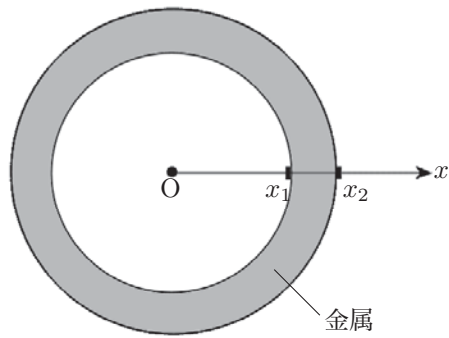


問 1 x 軸上に正の点電荷を置いたとき、この点電荷に働く力の合力が 0 となる位置はどこか。最も適当なものを、次の①～④の中から一つ選びなさい。

14

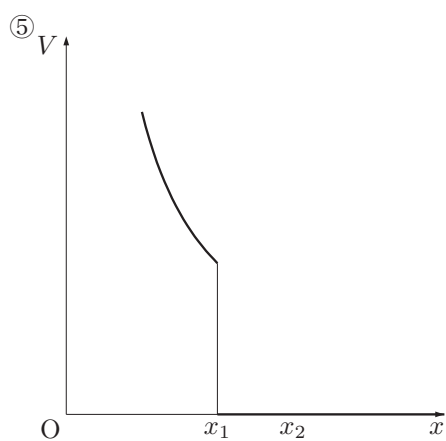
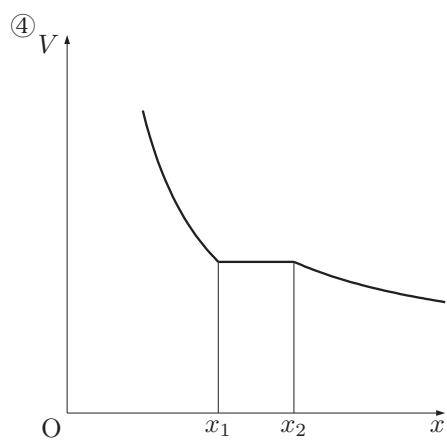
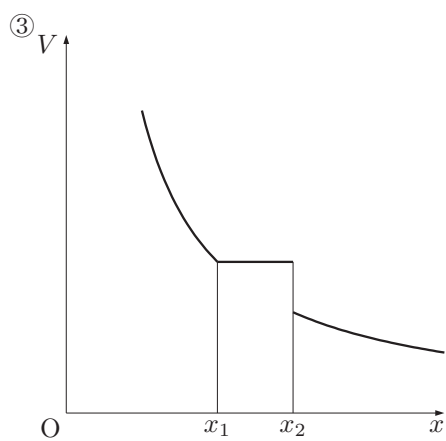
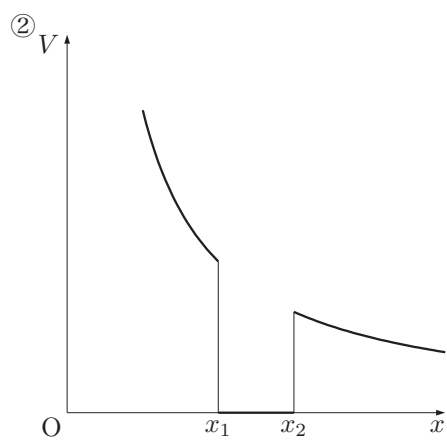
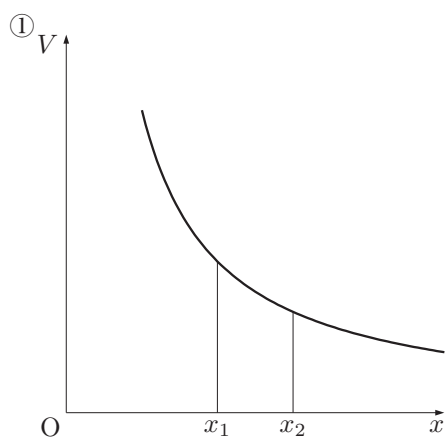
- ① $x = 3.0\text{m}$ ② $x = 3.5\text{m}$ ③ $x = 4.5\text{m}$ ④ $x = 6.0\text{m}$

B 帯電していない中空の金属球がある。この金属球の中心 O に正の点電荷 (point charge) を置いた。次の図は、この金属球の断面を示したものである。中心 O を原点として、 x 軸をとった。



問 2 このときの x 軸上の電位 (electric potential) V を表すグラフはどうか。最も適当なものを、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。

15



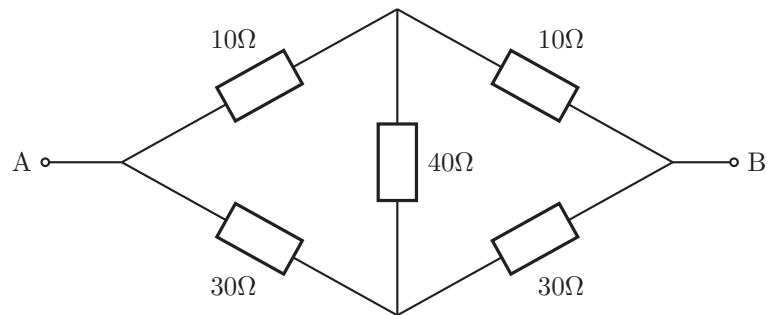
C 電極間の全体に誘電体 (dielectric) を入れることができる平行平板コンデンサー (capacitor) がある。はじめ誘電体を入れない状態で、コンデンサーを電池に接続し、充電した。その後、電池を外してから、比誘電率 (relative permittivity) ϵ_r の誘電体を電極間全体に入れた。

問 3 このときコンデンサーに蓄えられているエネルギーは、誘電体を入れる前の何倍か。正しいものを、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。

16

- ① 1 倍 ② $\frac{1}{\epsilon_r}$ 倍 ③ $\frac{1}{\epsilon_r^2}$ 倍 ④ ϵ_r 倍 ⑤ ϵ_r^2 倍

D 次の図のように、抵抗値が 10Ω , 30Ω , 40Ω の電気抵抗 5 個を接続した。

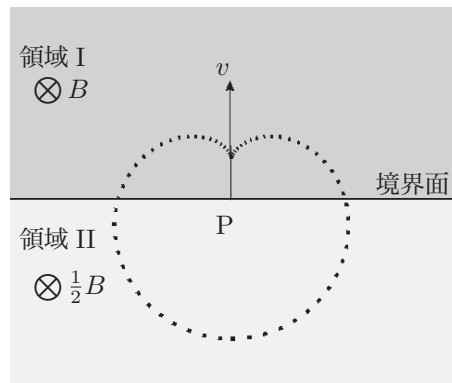


問 4 端子 AB 間の合成抵抗は何 Ω か。最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

17

- ① 10Ω ② 15Ω ③ 20Ω ④ 30Ω ⑤ 45Ω ⑥ 60Ω

E 次の図のように，紙面に垂直で表から裏向きに磁束密度 (magnetic flux density) の大きさ B の一様磁場 (uniform magnetic field) が存在している領域 (領域 I) と，紙面に垂直で表から裏向きに大きさ $\frac{1}{2}B$ の一様磁場が存在している領域 (領域 II) が，紙面に垂直な境界面で接している。正の電荷 q ，質量 m の粒子を境界面上の点 P から，境界面に垂直で，領域 I に向かって速さ v で打ち出したところ，粒子は点線のような軌道 (orbit) を描いて，再び点 P に戻った。ただし，重力 (gravitational force) の影響はないものとする。

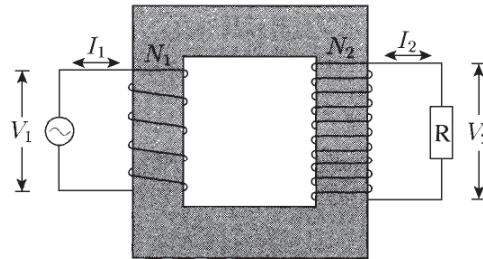


問 5 点 P を出発して再び点 P に戻るまでの時間はいくらか。正しいものを，次の①～⑤の中から一つ選びなさい。

18

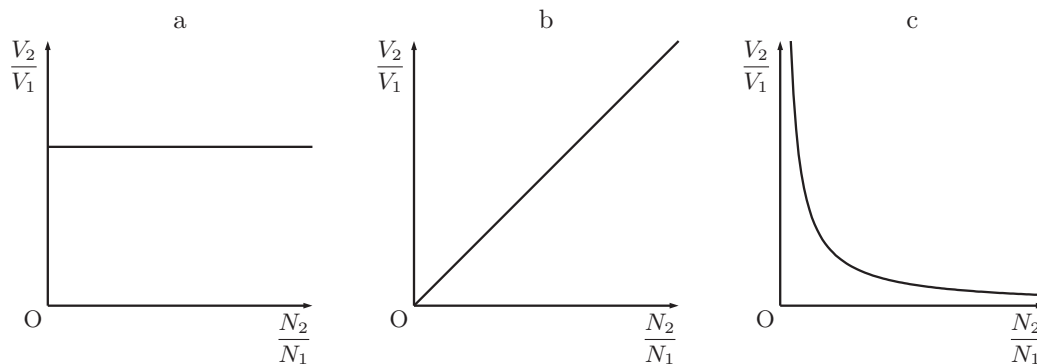
- ① $\frac{2\pi m}{qB}$ ② $\frac{3\pi m}{qB}$ ③ $\frac{4\pi m}{qB}$ ④ $\frac{5\pi m}{qB}$ ⑤ $\frac{6\pi m}{qB}$

F 次の図のように、1 次側の巻き数 N_1 、2 次側の巻き数 N_2 のコイルを鉄心に巻いた変圧器を考える。1 次側には電圧 V_1 の交流電源がつながれ、電流 I_1 が流れている。2 次側の抵抗 R には V_2 の電圧がかかり、電流 I_2 が流れている。ただし、 V_1 、 I_1 、 V_2 、 I_2 は交流の実効値 (effective value) である。



問 6 横軸に巻き数の比 $\frac{N_2}{N_1}$ をとり、縦軸に 2 次側との電圧比 $\frac{V_2}{V_1}$ ，または電流比 $\frac{I_2}{I_1}$ をとったグラフを描く。 $\frac{V_2}{V_1}$ と $\frac{I_2}{I_1}$ のグラフは、次の a, b, c のどれか。最も適当な組み合わせを、次のページの①～⑨の中から一つ選びなさい。ただし、変圧器内の電力損失は無視できるものとする。

19



	縦軸が $\frac{V_2}{V_1}$ のグラフ	縦軸が $\frac{I_2}{I_1}$ のグラフ
①	a	a
②	a	b
③	a	c
④	b	a
⑤	b	b
⑥	b	c
⑦	c	a
⑧	c	b
⑨	c	c

解答

	I							II		
問	問 1	問 2	問 3	問 4	問 5	問 6	問 7	問 1	問 2	問 3
解答欄	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
正解	3	6	2	3	2	2	3	3	6	3
	III			IV						
問	問 1	問 2	問 3	問 1	問 2	問 3	問 4	問 5	問 6	
解答欄	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
正解	1	5	3	4	4	2	2	3	6	

2010.11.19 改訂 2010.11.14 初版

okd

小春論壇 <http://www.xiaochuncnjp.com/>

mone!工作組 <http://monemone.co.de/>