

令和3年度入学試験問題

受験上の注意

1. 監督の指示により，解答用紙に受験番号（算用数字），氏名，フリガナ，解答する科目を記入し，受験番号，該当する試験日，解答する科目をマークしてください。記入については解答用紙の注意事項に従ってください。
2. 問題冊子の解答番号と解答用紙の番号を間違えないように注意してください。
3. 科目およびページは，次のとおりです。試験開始の合図があったら，まず受験する科目のページ数を確認してください。

科目	ページ
物理	4～15
化学	16～25
生物	26～39
地学	42～53

4. 定規，分度器，コンパス，電卓は使用できません。
5. 受験票を試験時間中は，机上の受験番号の下に呈示しておいてください。
6. 質問，その他用件があるときは，手を上げて合図してください。
7. 試験時間中の退場は認めません。
8. 試験時間は60分です。
9. この問題冊子は持ち帰ってください。

開始の合図があるまで開かないでください

この頁は白紙です

この頁は白紙です

物 理

〔 I 〕～〔 IV 〕の各問いに答えなさい。解答はそれぞれの問いの解答群から選び、解答用紙にその記号をマークしなさい。数値を問う問題においては、計算結果の最後の桁が解答群の値と完全に一致しない場合は、最も近い数値を選びなさい。なお、該当する解答がない場合には、記号①をマークしなさい。

〔 I 〕 図1のように、点Oを中心とする半径 r [m] のループとスロープを接続したなめらかなレールからなるコースがある。高さ H [m] の点Aから質量 m [kg] の小球を静かに放すと、小球はレールを離れることなくループ最高点の点Bを速さ v [m/s] ($v > 0$) で通過した。このとき、以下の問いに答えなさい。ただし、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、小球とレールの間の摩擦や空気抵抗は無視できるものとする。[解答番号 ～]

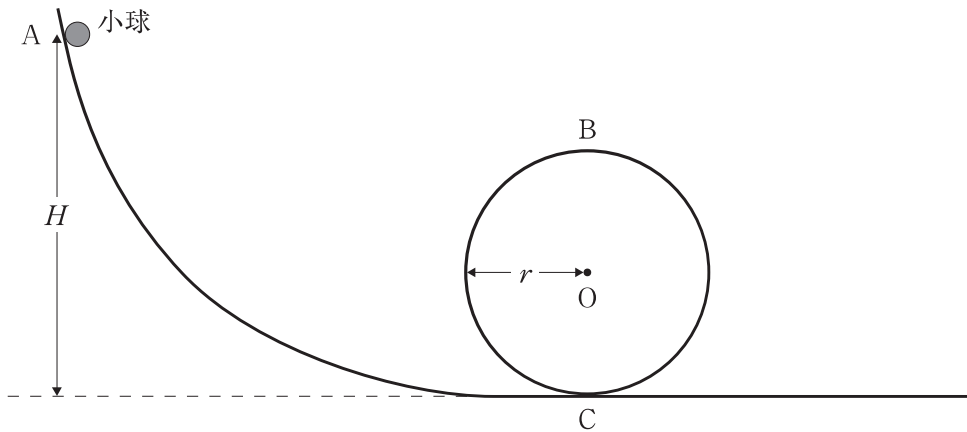


図 1

(1) 小球がループの最高点Bを通過したときの速さ v はいくらか。 [m/s]

[の解答群]

- (a) $2gH$ (b) $2g(H-r)$ (c) $2g(H-2r)$ (d) $g(H-r)$
(e) \sqrt{gH} (f) $\sqrt{2gH}$ (g) $\sqrt{g(H-r)}$ (h) $\sqrt{2g(H-r)}$
(i) $\sqrt{2g(H-2r)}$

(2) 小球が点Bを通過するとき、小球がレールから受ける力の大きさはいくらか。

[N]

[の解答群]

- (a) $mg\left(\frac{4gH^2}{r}-1\right)$ (b) $mg\left\{\frac{4g(H-r)^2}{r}-1\right\}$ (c) $mg\left\{\frac{4g(H-2r)^2}{r}-1\right\}$
(d) $mg\left\{\frac{g(H-r)^2}{r}-1\right\}$ (e) $mg\left(\frac{H}{r}-1\right)$ (f) $mg\left(\frac{2H}{r}-1\right)$
(g) $mg\left(\frac{H-r}{r}-1\right)$ (h) $mg\left\{\frac{2(H-r)}{r}-1\right\}$ (i) $mg\left\{\frac{2(H-2r)}{r}-1\right\}$

(3) 小球は、点Bを通過したあとレールを離れることなくループの最下点Cに達した。

小球がループを一周するあいだにレールから受けた力積はいくらか。 [N・s]

[の解答群]

- (a) 0 (b) $m\sqrt{2gH}$
(c) $m\sqrt{2g(H-r)}$ (d) $m\{\sqrt{2gH}-\sqrt{2g(H-r)}\}$
(e) $m\{\sqrt{2gH}-\sqrt{2g(H-2r)}\}$ (f) $m\sqrt{2g\frac{H-r}{r}}$
(g) $m\sqrt{\frac{2g(H-2r)}{r}}$ (h) $m\left\{\sqrt{2gH}-\sqrt{\frac{2g(H-r)}{r}}\right\}$
(i) $m\left\{\sqrt{2gH}-\sqrt{\frac{2g(H-2r)}{r}}\right\}$

つぎに、点Aの高さを H' [m] ($r < H' < H$) に変更したところ、小球は点Bに達する前にループの高さ h [m] に達した点でレールの内側から離れた。

(4) 高さ h は、 H' と r で表すとどうなるか。 [m]

[] の解答群]

- (a) $\frac{1}{4}H'$ (b) $\frac{2}{3}H'$ (c) $\frac{1}{2}H'$ (d) $H' - r$ (e) $\frac{H' + r}{2}$
 (f) $\frac{H' - r}{2}$ (g) $\frac{H' + r}{3}$ (h) $\frac{2H' + r}{3}$ (i) $\frac{2H' - r}{3}$

(5) 上記(4)で小球がレールの内側から離れた点の高さ h がループの高さの $\frac{3}{4}$ であったとき、点Aの高さ H' は r の何倍となるか。

[] の解答群]

- (a) $\frac{1}{2}$ (b) $\frac{5}{8}$ (c) $\frac{2}{3}$ (d) $\frac{3}{4}$ (e) $\frac{7}{8}$ (f) $\frac{5}{4}$ (g) $\frac{4}{3}$
 (h) $\frac{7}{4}$ (i) $\frac{8}{3}$

この頁は白紙です

〔Ⅱ〕は次頁より始まります。

〔Ⅱ〕 図2のように、1辺の長さ L [m]の立方体の真空容器に、質量 m [kg]の単原子分子 N 個からなる理想気体を入れる。分子は他の分子とは衝突せず、速度 $\vec{v}=(u, v, w)$ の運動をしている。このとき、以下の問いに答えなさい。ただし、分子は容器の壁に衝突する瞬間を除いては、水平方向 (xy 平面内)には等速直線運動をし、鉛直方向 (z 方向)には重力加速度の大きさ g [m/s²]の等加速度運動をしていると仮定し、重力は鉛直下向きにはたらくものとする。また、分子と壁との衝突は弾性衝突とし、衝突の前後で分子の速度の大きさは変わらないものとする。

[解答番号 ~]

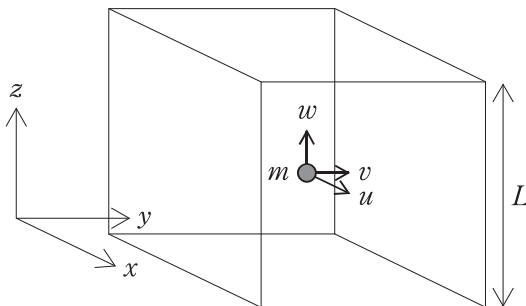


図2

(1) 1個の分子が容器の底面に衝突するときの速度の z 成分の大きさ w_b [m/s]は、容器の天井面での分子の速度の z 成分の大きさ w_t [m/s]と重力加速度の大きさ g [m/s²]、容器の高さ L [m]を用いてどのように表されるか。 [m/s]

[の解答群]

- (a) $\sqrt{w_t^2 + 2gL}$ (b) $\sqrt{w_t^2 + gL}$ (c) $\sqrt{w_t^2 + \frac{1}{2}gL}$ (d) $\sqrt{w_t + 2gL}$
- (e) $\sqrt{w_t + gL}$ (f) $\sqrt{w_t + \frac{1}{2}gL}$ (g) $\sqrt{w_t - 2gL}$ (h) $\sqrt{w_t - gL}$
- (i) $\sqrt{w_t - \frac{1}{2}gL}$

- (2) 1 個の分子が容器の天井面に 1 秒間に衝突する回数は、容器の天井面での分子の速度の z 成分の大きさ w_t [m/s] と床面での分子の速度の z 成分の大きさ w_b [m/s] および容器の高さ L [m] を用いてどのように表されるか。 7 [回]

[7] の解答群]

- (a) $\frac{w_b + w_t}{L}$ (b) $\frac{w_b + w_t}{2L}$ (c) $\frac{w_b + w_t}{3L}$ (d) $\frac{w_b + w_t}{4L}$ (e) $\frac{w_b - w_t}{L}$
 (f) $\frac{w_b - w_t}{2L}$ (g) $\frac{w_b - w_t}{3L}$ (h) $\frac{w_b - w_t}{4L}$ (i) $\frac{w_b - w_t}{5L}$

- (3) N 個の分子が 1 秒間に容器の天井面に与える力積の総和と容器の床面に与える力積の総和の差はいくらか。ただし、 \overline{w} は N 個の分子の速度の z 成分の大きさの平均、 $\overline{w^2}$ は N 個の分子の速度の z 成分の大きさの 2 乗平均を表す。 8 [N]

[8] の解答群]

- (a) $\frac{mN}{L}(\overline{w_b} + \overline{w_t})$ (b) $\frac{mN}{L}(\overline{w_b^2} + \overline{w_t^2})$ (c) $\frac{mN}{L}(\overline{w_b^2} - \overline{w_t^2})$
 (d) $\frac{mN}{2L}(\overline{w_b} + \overline{w_t})$ (e) $\frac{mN}{2L}(\overline{w_b^2} + \overline{w_t^2})$ (f) $\frac{mN}{2L}(\overline{w_b^2} - \overline{w_t^2})$
 (g) $\frac{mN}{4L}(\overline{w_b} + \overline{w_t})$ (h) $\frac{mN}{4L}(\overline{w_b^2} + \overline{w_t^2})$ (i) $\frac{mN}{4L}(\overline{w_b^2} - \overline{w_t^2})$

- (4) 容器の天井面と床面の圧力の差はいくらか。 9 [Pa]

[9] の解答群]

- (a) $\frac{mNg}{L}$ (b) $\frac{mNg}{L^2}$ (c) $\frac{mNg}{L^3}$ (d) $mNgL$ (e) $mNgL^2$
 (f) $mNgL^3$ (g) $\frac{mNL}{g}$ (h) $\frac{mNL^2}{g}$ (i) $\frac{mNL^3}{g}$

(5) 容器内の 1 kg の気体分子の運動エネルギーが c [J] 変化するとき 1 K の温度変化が発生するとすれば、容器内の気体の鉛直方向の温度変化率はいくらか。

[K/m]

[] の解答群]

- (a) $\frac{g}{2c}$ (b) $\frac{gL}{2c}$ (c) $\frac{mgL}{2c}$ (d) $\frac{g}{c}$ (e) $\frac{gL}{c}$ (f) $\frac{mgL}{c}$
- (g) $\frac{2g}{c}$ (h) $\frac{2gL}{c}$ (i) $\frac{2mgL}{c}$

この頁は白紙です

〔Ⅲ〕は次頁より始まります。

〔Ⅲ〕 速さ1.6 m/s で正の向きに進む正弦波Aと、速さ1.2 m/s で負の向きに進む正弦波Bがある。2つの波はともに縦波である。図3は時刻 $t=0$ sにおける(a)正弦波Aおよび(b)正弦波Bの波形を示している。図の横軸は位置 x [m]、縦軸は変位 y [m]であり、 x 軸方向の正に変位したときを y 軸方向の正の変位として表している。このとき、以下の問いに答えなさい。ただし、2つの正弦波の振幅はともに a [m]で等しいものとする。〔解答番号 ~ 〕

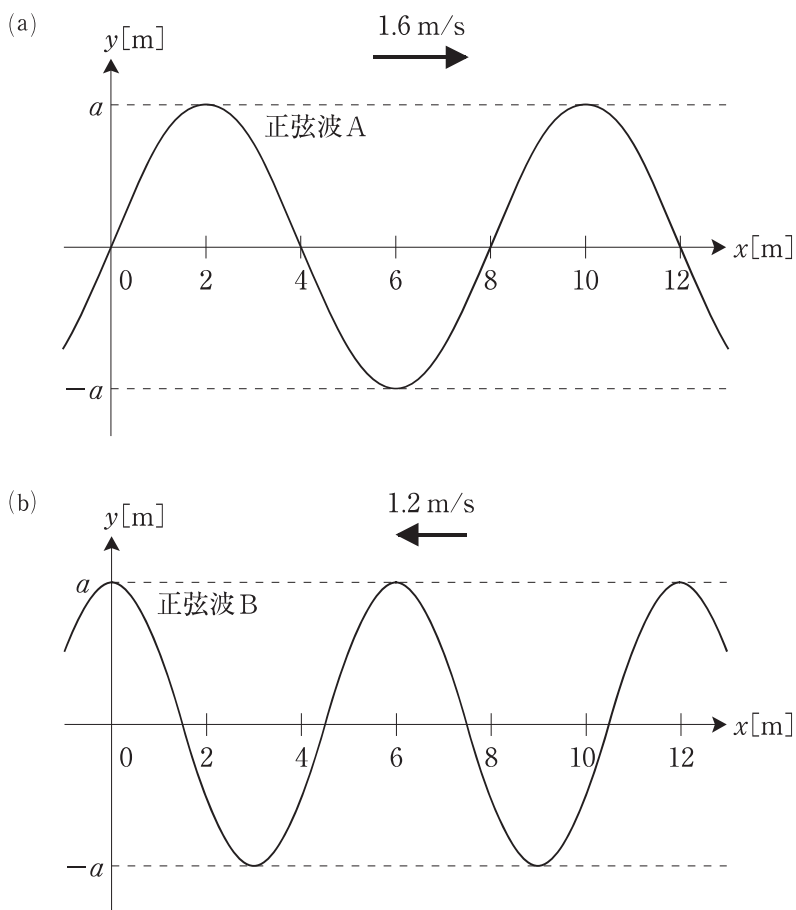


図3

(1) 正弦波 A, B の波長 λ_A, λ_B [m] の正しい組み合わせ (λ_A, λ_B) はどれか。 11

[11] の解答群]

- Ⓐ (4.0, 3.0) Ⓑ (4.0, 6.0) Ⓒ (4.0, 9.0) Ⓓ (8.0, 3.0)
Ⓔ (8.0, 6.0) Ⓕ (8.0, 9.0) Ⓖ (12.0, 3.0) Ⓗ (12.0, 6.0)
Ⓘ (12.0, 9.0)

(2) 正弦波 A の周期はいくらか。 12 [s]

[12] の解答群]

- Ⓐ 0.2 Ⓑ 0.5 Ⓒ 1.0 Ⓓ 1.5 Ⓔ 2.0 Ⓕ 2.5 Ⓖ 3.0
Ⓗ 5.0 Ⓘ 10.0

(3) つぎの Ⓐ～Ⓘ の中で, $t=0.8$ s において正弦波 A による媒質の密度が最も大きい位置はどれか。 13 [m]

[13] の解答群]

- Ⓐ 0 Ⓑ 1 Ⓒ 2 Ⓓ 3 Ⓔ 4 Ⓕ 5 Ⓖ 6
Ⓗ 7 Ⓘ 8

(4) 同一の媒質中を図 3 で示される 2 つの正弦波 A, B が伝わり, 合成波が作られたとする。つぎの Ⓐ～Ⓘ の中で, $t=0$ s における合成波の媒質の変位の大きさが最も大きい位置はどれか。 14 [m]

[14] の解答群]

- Ⓐ 0 Ⓑ 1 Ⓒ 2 Ⓓ 3 Ⓔ 4 Ⓕ 5 Ⓖ 6
Ⓗ 7 Ⓘ 8

(5) つぎの Ⓐ～Ⓘ の中で, $x=0$ m の位置において合成波による振動で媒質の密度が最も大きくなる時刻はどれか。 15 [s]

[15] の解答群]

- Ⓐ 0.5 Ⓑ 1.0 Ⓒ 1.5 Ⓓ 2.0 Ⓔ 2.5 Ⓕ 3.0 Ⓖ 3.5
Ⓗ 4.0 Ⓘ 4.5

(5) について、厳密な正答を導くには学習指導要領の範囲を超えるため、受験者全員を正解として扱いました。

〔Ⅳ〕 図4のように，電池E，コンデンサー C_1 ， C_2 ， C_3 ，スイッチ S_1 ， S_2 を接続した。Eの起電力は30V， C_1 ， C_2 ， C_3 の電気容量はそれぞれ10，20，30 μF である。このとき，以下の問いに答えなさい。ただし，はじめに C_1 ， C_2 ， C_3 には電荷が蓄えられていなかったとし，電池Eの内部抵抗は無視できるものとする。

[解答番号 ～]

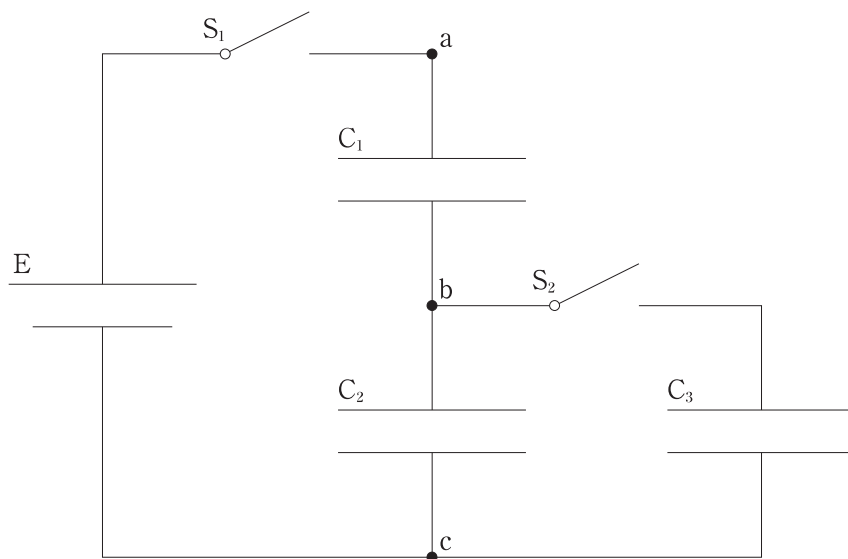


図4

(1) まず， S_2 は開いたままで， S_1 を閉じた。このときのac間の合成容量として正しいものを選べ。 [μF]

[の解答群]

- (a) $\frac{4}{17}$ (b) $\frac{17}{4}$ (c) $\frac{3}{20}$ (d) $\frac{20}{3}$ (e) $\frac{5}{12}$ (f) $\frac{12}{5}$ (g) $\frac{6}{7}$
 (h) $\frac{7}{6}$ (i) 0

(2) 上記(1)の状態です十分時間がたったときの、 C_1 、 C_2 が蓄えた静電エネルギーの和として正しいものを選べ。 [17] [J]

[17] の解答群

- (a) 1.00×10^{-3} (b) 2.00×10^{-3} (c) 3.00×10^{-3} (d) 4.00×10^{-3}
(e) 5.00×10^{-3} (f) 6.00×10^{-3} (g) 7.00×10^{-3} (h) 8.00×10^{-3}
(i) 9.00×10^{-3}

(3) つぎに、 S_1 は閉じたままで、 S_2 も閉じた。このときの ac 間の合成容量として正しいものを選べ。 [18] [μF]

[18] の解答群

- (a) 5 (b) 25 (c) $\frac{2}{25}$ (d) $\frac{25}{2}$ (e) $\frac{3}{25}$ (f) $\frac{25}{3}$ (g) $\frac{4}{25}$
(h) $\frac{25}{4}$ (i) $\frac{6}{25}$

(4) 上記(3)の状態です十分時間がたったときの、 C_1 、 C_2 、 C_3 が蓄えた静電エネルギーの和として正しいものを選べ。 [19] [J]

[19] の解答群

- (a) 0.75×10^{-3} (b) 1.25×10^{-3} (c) 1.50×10^{-3} (d) 2.50×10^{-3}
(e) 3.75×10^{-3} (f) 4.75×10^{-3} (g) 7.50×10^{-3} (h) 9.50×10^{-3}
(i) 10.25×10^{-3}

(5) 上記(4)で、 S_2 を閉じてから十分時間がたつまでの間に、電池がした仕事はいくらか。 [20] [J]

[20] の解答群

- (a) 0.75×10^{-3} (b) 1.25×10^{-3} (c) 1.50×10^{-3} (d) 2.50×10^{-3}
(e) 3.75×10^{-3} (f) 4.75×10^{-3} (g) 7.50×10^{-3} (h) 9.50×10^{-3}
(i) 10.25×10^{-3}