

物 理 (120 分)

(令和 7 年度 前期日程)

注 意 事 項

問 題 冊 子	解 答 用 紙
1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけない。 2. 問題冊子は全部で 12 ページである。表紙を開くと白紙があり、その裏が 1 ページ目である。不鮮明な印刷、ページの脱落に気付いたときは、試験監督者に申し出ること。 3. 問題冊子は持ち帰ること。	1. すべての解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。記入を忘れたとき、あるいは誤った番号を記入したときは失格となることがある。 2. 解答用紙の枚数は、6 枚である。 3. 解答(答えおよび導出過程)は、指定された箇所に記入すること。

I 図1のように一定速度 V_0 [m/s] で矢印の向きに回転するベルトがあり、壁にばね定数 k [N/m] のばねを介してつながれた質量 m [kg] の物体がベルトの上部にのせられている。回転部に接触していないベルトの部分は水平であり、物体が落ちないほど十分に長く、ばねも水平であるとする。物体とベルトの間には摩擦がはたらき、その静止摩擦係数および動摩擦係数はそれぞれ μ と μ' であるとする。

時刻 $t = 0$ [s] において、ばねの長さは自然長に等しく、物体の位置は $x = 0$ [m]、速度は V_0 であるとする。なお、 x 軸は水平で、上部のベルトが進む向きを正の方向とする。空気抵抗は無視できるものとする。重力加速度を g [m/s²] として次の問いに答えよ。導出過程も記すこと。

(配点：50 点)

- (1) 物体は時刻 $t = T_1$ [s] に位置 $x = X_1$ [m] に達するまでは一定速度 V_0 で動き、時刻 $t = T_1$ を過ぎると等速度運動でなくなる。 T_1 と X_1 を、 V_0 、 k 、 m 、 μ 、 μ' 、 g のうち必要なものを用いて表せ。
- (2) 物体は時刻 $t = T_1$ に速度 V_0 での等速度運動を終え、その後の時刻 $t = T_2$ [s] に再び速度 V_0 で等速度運動を始める。時刻 $t = T_1$ と $t = T_2$ の間における物体の位置 x の最大値を $X_0 + A$ 、最小値を $X_0 - A$ と表すとき、 X_0 と A を、 V_0 、 k 、 m 、 μ 、 μ' 、 g のうち必要なものを用いて表せ。
- (3) 時刻 $t = T_2$ における物体の位置を $x = X_2$ [m] とするとき、 X_2 を、 V_0 、 k 、 m 、 μ 、 μ' 、 g のうち必要なものを用いて表せ。
- (4) 時刻 $t = T_1$ から $t = T_2$ までの間に物体がばねから受ける仕事を W [J] とするとき、 W を、 V_0 、 k 、 m 、 μ 、 μ' 、 g のうち必要なものを用いて表せ。
- (5) 時刻 t において物体が受けるすべての力の合力を F [N] とする。 t と F の関係を適切に表すグラフを、図2の(a)~(d)の中から1つ選び、その理由を簡潔に述べよ。また、その他のグラフについては適切でない理由を簡潔に述べよ。ただし、各グラフにおいて F が正の斜線部の面積 S_1 と負の斜線部の面積 S_2 は等しい。

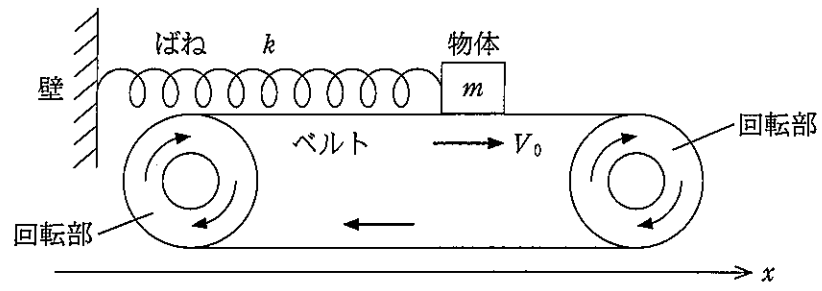


図 1

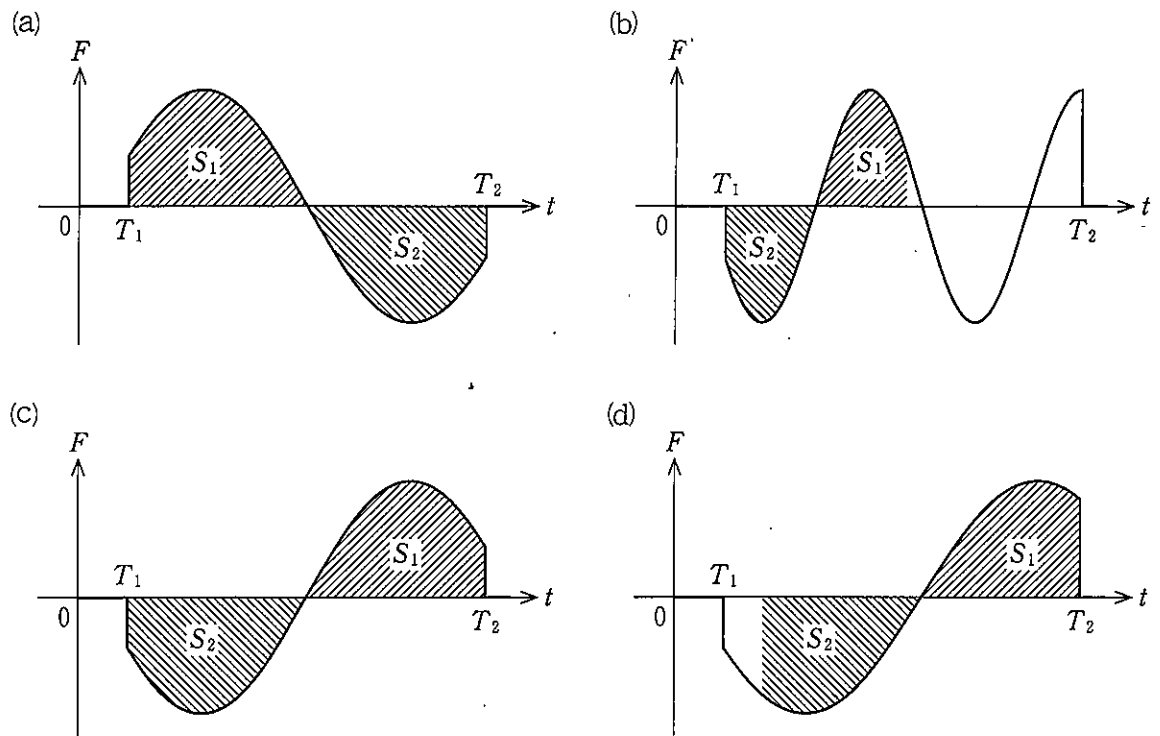


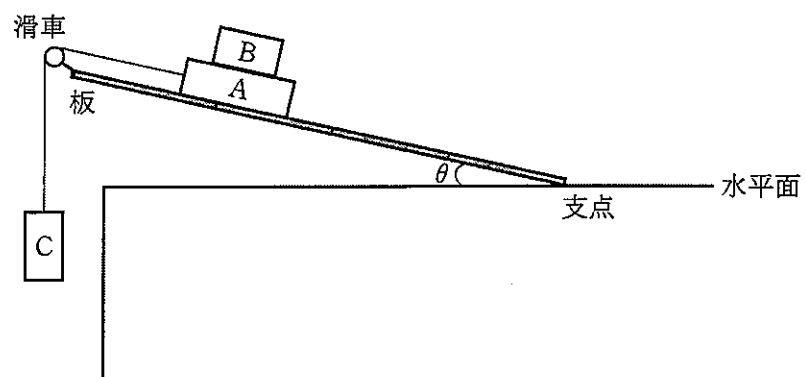
図 2

Ⅱ 図のように支点を中心に水平面となす角 θ [rad] ($0 \leq \theta < \frac{\pi}{2}$) を変えられる板の上に質量 $2M$ [kg] の直方体 A と質量 M [kg] の直方体 B が積み重なっている。直方体 A は板の左端に取り付けられた滑車を介して、質量 m [kg] ($m < M$) の直方体 C と、質量を無視できる伸縮しない糸で接続されている。はじめ、 θ は $\sin \theta > \frac{m}{3M}$ の条件を満たし、直方体 A, B, C は静止している。重力加速度を g [m/s²] とし、糸と滑車の間の摩擦、空気抵抗は無視できるものとして以下の問いに答えよ。導出過程も記すこと。 (配点：40 点)

- (1) θ をはじめの角度から静かに増加させたところ、角度が $\theta = \theta_0$ [rad] に達したとき、直方体 A と直方体 B は一体となって斜面右下方向に滑り出した。このときの直方体 A と板との間の静止摩擦係数 μ_A を、 M , m , θ_0 を用いて表せ。

次に、板の傾きを $\theta = \theta_1$ [rad] ($\theta_1 > \theta_0$) とした。その後、直方体 A, B を板の上のはじめの位置にもどし、静かにはなすと、直方体 B は直方体 A の上を、直方体 A は板の上をそれぞれ斜面右下方向に運動した。このとき直方体 A と直方体 C を接続する糸はたるまなかった。板と直方体 A との間の動摩擦係数を μ'_A 、直方体 A と直方体 B との間の動摩擦係数を μ'_B とし、直方体 A は板の上のみを、直方体 B は直方体 A の上のみを運動するものとする。二つの物体の加速度の方向は斜面右下方向を正とする。

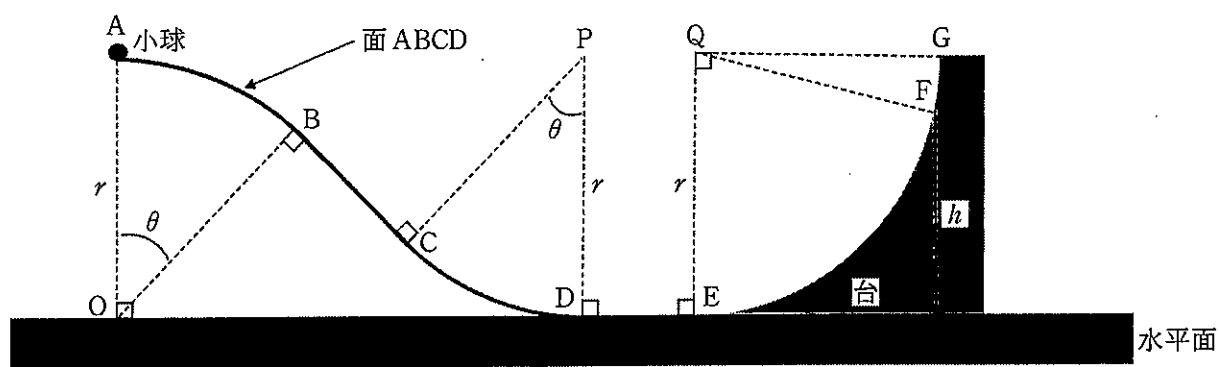
- (2) 直方体 A が板から受ける動摩擦力の大きさ f'_A [N] と直方体 B が直方体 A から受ける動摩擦力の大きさ f'_B [N] を求めよ。
- (3) 直方体 A の加速度を、 g , M , m , θ_1 , μ'_A , μ'_B を用いて表せ。
- (4) 直方体 B の加速度を、 g , θ_1 , μ'_B を用いて表せ。



图

Ⅲ 図のように、半径 r [m] の円弧面 AB ($\angle AOB = \theta$ [rad], $0 < \theta < \frac{\pi}{3}$), 傾いた平面 BC, 半径 r の円弧面 CD ($\angle CPD = \theta$) からなる面 ABCD があり点 D で水平面となめらかに接続している。また、水平面上に半径 r の円弧面 EFG ($\angle EQG = \frac{\pi}{2}$ [rad]) をもつ質量 M [kg] の台がある。点 A に質量 m [kg] ($m < M$) の小球を静かに置く。小球と面 ABCD, 小球と台の円弧面 EFG, 小球と水平面, 台と水平面の摩擦はすべて無視できるものとし、台は転倒しないものとする。空気抵抗は無視できるものとする。重力加速度を g [m/s²] として次の問いに答えよ。導出過程も記すこと。 (配点：40 点)

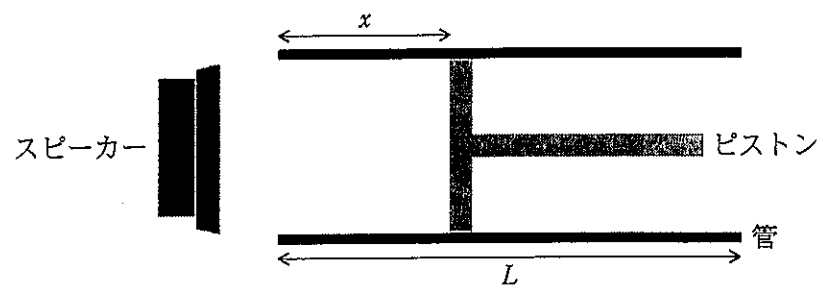
- (1) 小球を点 A から無視できるほどわずかに右方向へずらし静かにはなしたところ、小球は動き出した。その後、小球は面 ABCD から離れることなく水平面に達した。小球が面 ABCD から離れないための θ の条件を求めよ。
- (2) その後、小球は台の円弧面を駆け上がり、台は動きはじめた。小球は台の円弧面上の点 F まで到達した直後に円弧面を下りはじめた。点 F の水平面からの高さ h [m], および、小球が点 F に到達したときの台の速さ V [m/s] を、 g, M, m, r のうち必要なものを用いて求めよ。
- (3) その後、小球は台の円弧面を下り水平面に戻った。このときの小球の速さ v' [m/s] と台の速さ V' [m/s] を、 g, M, m, r のうち必要なものを用いて求めよ。
- (4) その後、小球は点 D を通過後、面 ABCD 上の点 C に到達した直後に面 ABCD を下りはじめた。 M を、 g, m, r, θ のうち必要なものを用いて求めよ。



图

IV 両側が開口で長さ L [m] の細い管を用意する。図のように、管内にピストンを挿入する。管の左端からピストンまでの距離を x [m] とする。管の左端付近にスピーカーを置き、スピーカーからある周波数の音を管に向かって発する。周辺の絶対温度を T [K] とすると、音速 a [m/s] は、 k をある定数として $a = k\sqrt{T}$ で与えられるとする。スピーカーの発振周波数は周辺温度の変化の影響を受けないとする。開口端補正は考えなくてよい。以下の問いに答えよ。導出過程も記すこと。
(配点：40 点)

- (1) まず、周辺温度を T_0 [K]、スピーカーの発振周波数を f_0 [Hz] に設定する。ピストンを管の左端から右側に動かしていくと、共鳴が $x = \ell_0$ [m] で観測された。さらに右側に動かしていくと、 $x = d_0$ [m] で再び共鳴が観測された。 ℓ_0 と d_0 を、 k 、 T_0 、 f_0 を用いて表せ。
- (2) 次に、周辺温度は T_0 に保ったまま、スピーカーの発振周波数を f_0 からわずかに上げて f_1 [Hz] にしたところ、共鳴がおさまった。ピストンを $x = d_0$ から $\pm \ell_0$ の範囲内で動かしたところ、 $x = d_1$ [m] で再び共鳴が観測された。 k 、 T_0 、 f_0 、 f_1 のうち必要なものを用いて、 d_1 を表せ。
- (3) 次に、スピーカーの発振周波数は f_1 のまま、周辺温度を T_0 からわずかに下げて T_1 [K] にしたところ、共鳴がおさまった。ピストンを $x = d_1$ から $\pm \ell_0$ の範囲内で動かしたところ、 $x = d_2$ [m] で再び共鳴が観測された。 k 、 T_0 、 T_1 、 f_0 、 f_1 のうち必要なものを用いて、 d_2 を表せ。
- (4) その後、スピーカーの発振周波数と周辺温度を、どちらも当初の f_0 と T_0 に戻したところ、共鳴がおさまった。ピストンを $x = d_2$ から右側に動かしていくと、共鳴が観測された場所が 2 か所あり、最後にピストンは管の右端から外れた。ピストンが外れた後に共鳴が観測された。 k 、 T_0 、 T_1 、 f_0 、 f_1 のうち必要なものを用いて、 L を表せ。



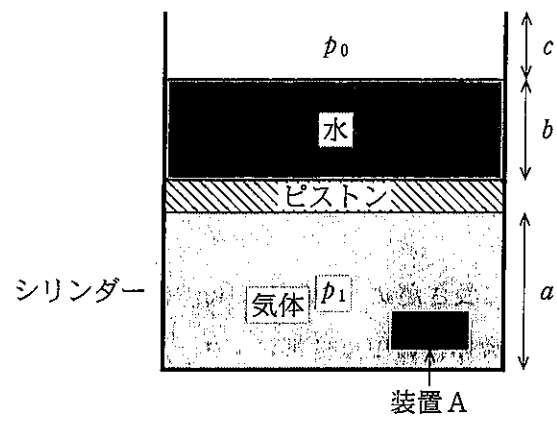
図

V

図のように、断面積 $S[\text{m}^2]$ のピストンが付いたシリンダー内に 1 mol の単原子分子の理想気体が封入されている。さらに、ピストンの上側に水を注いだところ、やがてピストンが静止した。シリンダー底面からピストン下面までの高さは $a[\text{m}]$ 、ピストン上面から水面までの高さは $b[\text{m}]$ 、水面からシリンダー上端までの高さは $c[\text{m}]$ である。これを状態 1 とする。シリンダー内の理想気体は、装置 A によってのみ加熱冷却される。また、水面は常に水平を保つものとする。装置 A の体積、ピストンの質量、理想気体以外の熱容量、およびピストンとシリンダーの摩擦は無視できる。大気圧を $p_0[\text{Pa}]$ 、気体定数を $R[\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})]$ 、重力加速度を $g[\text{m}/\text{s}^2]$ 、水の密度を $\rho[\text{kg}/\text{m}^3]$ として、以下の問いに答えよ。導出過程も記すこと。

(配点：40 点)

- (1) 状態 1 におけるシリンダー内の気体の圧力 $p_1[\text{Pa}]$ 、気体の温度 $T_1[\text{K}]$ を、 S 、 a 、 b 、 c 、 p_0 、 R 、 g 、 ρ のうち必要なものを用いて求めよ。
- (2) 次に、装置 A によって気体をゆっくりと加熱した結果、ピストンがゆっくりと $x[\text{m}]$ ($0 < x < c$) 上昇した。これを状態 2 とする。状態 1 から状態 2 に至る過程において、気体がした仕事 $W_{12}[\text{J}]$ および気体が受け取った熱量 $Q_{12}[\text{J}]$ を、 S 、 a 、 b 、 c 、 p_0 、 R 、 g 、 ρ 、 x のうち必要なものを用いて求めよ。
- (3) さらに、装置 A により気体をゆっくりと加熱したところ、水面はシリンダーの上端に達した。これを状態 3 とする。さらに、気体をゆっくりと加熱し続けると、水はシリンダー上部から流出し始めた。状態 3 からピストンが $y[\text{m}]$ ($0 < y < b$) 上昇したときを状態 4 とする。状態 3 から状態 4 に至る過程において、気体がした仕事 $W_{34}[\text{J}]$ を、 S 、 a 、 b 、 c 、 p_0 、 R 、 g 、 ρ 、 y のうち必要なものを用いて求めよ。
- (4) 状態 4 からさらに装置 A による加熱を続け、ピストンの上面がシリンダーの上端に達した。これを状態 5 とする。次に、装置 A により気体をゆっくりと冷却し、ピストンが状態 1 の元の位置まで戻ったときを状態 6 とする。状態 5 から状態 6 に至る過程において、気体から奪われた熱量 $Q_{56}[\text{J}]$ を、 S 、 a 、 b 、 c 、 p_0 、 R 、 g 、 ρ のうち必要なものを用いて求めよ。



図

VI 図1のように、 z 軸の正の方向に加えられた磁束密度 B [T] の一様な磁界中に、半径 L [m] の半円弧の導線 W_1 および W_2 を距離 d [m] 離して固定する。 W_1 は yz 平面上にあり、 W_1 および W_2 の最下点は x 軸に接している。 W_1 および W_2 はスイッチ S_1 , S_2 , 電池, 抵抗器, 電圧計, 電流計で構成された回路につながれている。電池の起電力は V [V] で内部抵抗は r [Ω] であり、抵抗器の抵抗値は R [Ω] である。

ここで、 W_1 , W_2 の上に長さが d , 質量が m [kg] で一様な密度の変形しない導体棒をおく。導体棒は x 軸に平行で、導体棒の中心は常に $x = \frac{1}{2}d$ の位置にある。導体棒の位置は z 軸と z 軸上 ($z = L$) の点から導体棒への垂線がなす角 θ [rad] で表すこととする。この導体棒は、 W_1 および W_2 から離れることはなく、水平を保ってなめらかに動く。重力は z 軸の負の方向に働き、重力加速度の大きさは g [m/s²] である。導線は動かず、空気抵抗および導線、導体棒の電気抵抗、導体棒の太さは無視できるものとする。以下の問いに答えよ。導出過程も記すこと。

(配点：40点)

- (1) スイッチ S_2 を開けて、スイッチ S_1 を閉じる。導体棒に電流が流れたのち、導体棒は静止した。このときのつりあいの位置の角度を θ_0 [rad] とする。 $\tan \theta_0$ を求めよ。
- (2) スイッチ S_1 , S_2 をともに開けて、導体棒を角度 θ_1 [rad] の位置におき、静かにはなす。導体棒の位置がはじめて角度 θ_2 [rad] の位置 ($\theta_1 > \theta_2 > 0$) に達したときの導体棒の速さを求めよ。そのときの電圧計に示される起電力の大きさも求めよ。
- (3) スイッチ S_1 を開けて、スイッチ S_2 を閉じる。ある角度 ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) の位置に導体棒をおき、静かにはなしたところ、導体棒は W_1 および W_2 の上を動き、 x 軸上を通過した後、 y が負の領域と正の領域を何度も往復する運動を行った。このときの導体棒の速さの時間変化を示す適切なグラフを、図2の(a)~(e)の中から1つ選べ。また、電流計に示される電流の時間変化を理由とともに説明せよ。

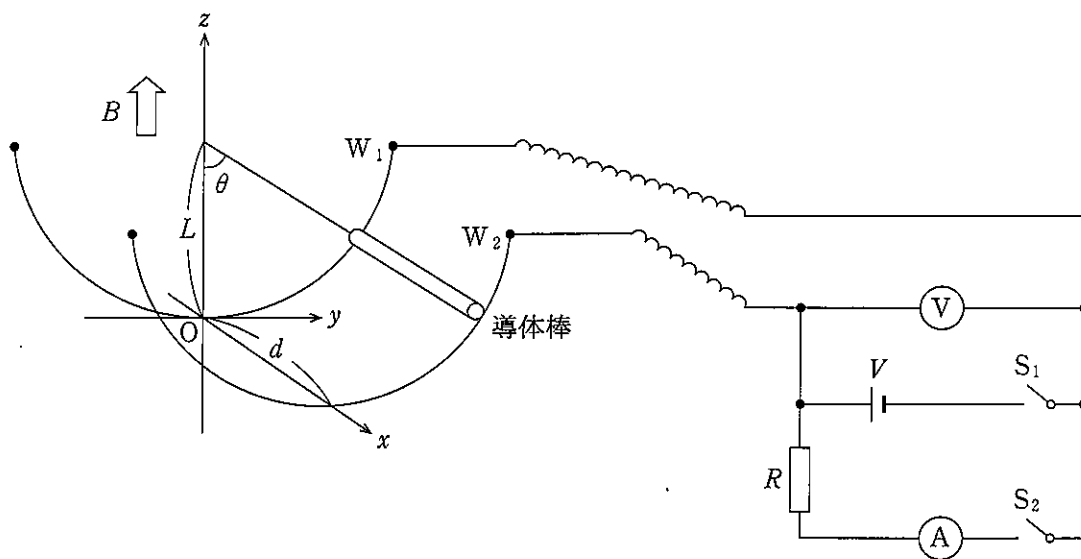


图 1

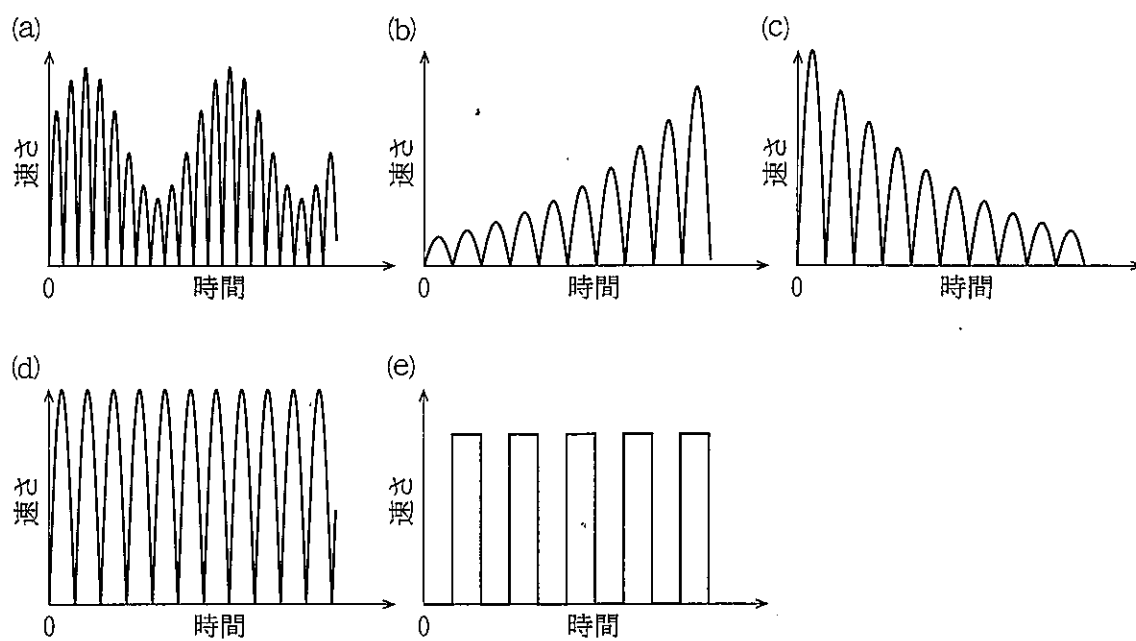


图 2

令和7年度 海洋生命科学部・海洋資源環境学部

一般選抜（前期日程）

問題訂正

物 理

訂正箇所 1 ページ

I

 (5) 1 行目

(誤) すべての力の合力を

(正) すべての力の合力の x 軸方向の成分を

訂正箇所 1 1 ページ

VI

 8 行目

(誤) $z = L$

(正) $z = L$

訂正箇所 1 1 ページ

VI

 (3) 4 行目

(誤) 適切なグラフを

(正) 最も適切なグラフを