



2025年度

島田高校3年春課題試験問題

物 理

2025年4月9日実施

8:45 — 9:35

注 意 事 項

1. 試験開始の合図までこの冊子を開かないこと。
2. 落丁，乱丁，印刷不鮮明の箇所などがある場合，直ちに監督者へ申し出ること。
3. 各ローマ数字の設問は，4点×3題の12点で構成されている（最大得点は192点ですが，100点以上は100点扱いとします）。解きやすいところから解いていきましょう。
4. 配布物は問題冊子（11ページまで），A3の解答用紙が1枚（両面印刷），A4の計算用紙が1枚である。
5. 解答用紙の所定の欄（右上）に，所属クラス，番号，氏名を記入すること。
6. 解答は，問題番号を明記して，解いている問題がどの問題かわかるように記すこと。
7. 問題冊子中の白紙のページは草稿用に使用してもよいが，問題冊子は回収しないため採点は行われない。

試験問題は、次のページより始まります。

1

この大問は力学分野からの出題である．重力加速度の大きさを g とし，空気抵抗は考えない．

I 図 1－1 のように， xy 平面を貼る．原点にある小物体に大きさ v_0 ， x 軸から反時計回りに角度 θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) の初速度を与える．この時刻を $t = 0$ とする．

- (1) 小物体が鉛直方向に折り返す時刻 t を求めよ．また，このときの小物体の y 座標を求めよ．
- (2) $t > 0$ において，小物体が $y = 0$ に達する時刻 t を求めよ．また，このときの小物体の x 座標を求めよ．
- (3) 前問の x 座標が最大となる θ を求めよ．なお， $\sin 2\theta = 2 \sin \theta \cos \theta$ を用いてよく，導出過程も簡単に記せ．



図 1－1

II 図 1－2 のように，水平な床上にある物体 B (M) の上に物体 A (質量 m) を置いた．物体間の静止摩擦係数を μ ，動摩擦係数を μ' とし，物体間摩擦以外の摩擦を無視する．水平右向きに x 軸，鉛直上向きに y 軸を定める．物体 B に x 軸正方向の大きさ F の外力を加えたところ， $F > F_0$ では物体間に滑りが生じ， $0 < F < F_0$ では 2 物体は一体となって運動した．

- (1) $F > F_0$ での物体 A，B の加速度をそれぞれ a ， b とする．運動方程式を考え， a ， b をそれぞれ求めよ．
- (2) $F < F_0$ での 2 物体の加速度を A ，物体間の静止摩擦力の大きさを R とする．運動方程式を考え， A ， R をそれぞれ求めよ．
- (3) F_0 を求めよ．

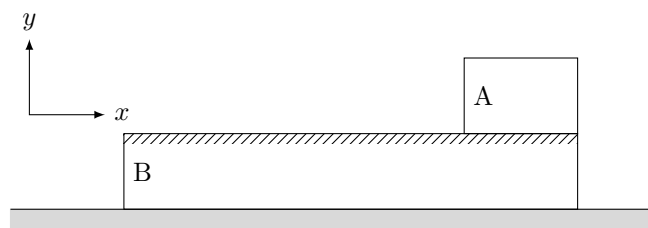


図 1－2

III 図 1－3 のように、物体 A（質量 m ）と物体 B（質量 $2m$ ）を軽く伸び縮みしない糸で繋ぎ、滑車 C（質量 $3m$ ）にかけた．糸と滑車の間には摩擦はなく、滑車の回転、および物体の滑車の衝突は考えないものとする．鉛直上向きに x 軸を定める．滑車に鉛直上向きに大きさ $F = 17mg$ の力を加え、一定の加速度で運動させた．このときの物体 A, B の加速度を鉛直上向きにそれぞれ α , β , 滑車 C の加速度を鉛直上向きに γ , 糸の張力の大きさを S とする．

- (1) 物体 A, および滑車 C の運動方程式をそれぞれ立式せよ．
- (2) 加速度 α , β , γ の間には、以下の関係が成り立っている（拘束条件）．

$$\alpha + \beta - 2\gamma = 0$$

A, B, C それぞれの運動方程式と拘束条件の式を用いて S を求めよ．

- (3) 前問の $\alpha + \beta - 2\gamma = 0$ の導出過程を簡単に記せ．なお、説明には図を用いてよい．

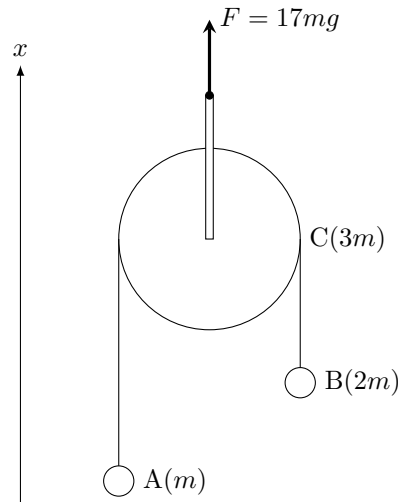


図 1－3

IV 次ページの図 1－4 のように、ばね（ばね定数 k , 質量無視）の一端を固定された床に取り付け、他端を小物体（質量 m ）に繋ぐ．小物体とばねは滑らかな透明な筒の中であり、物体の運動は鉛直方向に限られるようになっている．鉛直上向きに x 軸を定め、その原点をばねが自然長の位置に定める． $t = 0$ に、自然長の位置から小物体を静かに放した．

- (1) 小物体が位置 x にあるときの小物体の加速度を a とする．このときの小物体の運動方程式を立式せよ．
- (2) 小物体の振動中心の位置 x_c , および振動の周期 T をそれぞれ求めよ．
- (3) 小物体の位置 x を時刻 t の関数として表せ．

V 図1-4のように、ばね（ばね定数 k 、質量無視）の一端を固定された床に取り付け、他端を小物体（質量 m ）に繋ぐ。小物体とばねは滑らかな透明な筒の中であり、物体の運動は鉛直方向に限られるようになっている。鉛直上向きに x 軸を定め、その原点をばねが自然長の位置に定める。 $t = 0$ に自然長の位置から小物体を静かに放した。

- (1) 小物体が $x = -\frac{mg}{3k}$ を通過するまでに重力場からされた仕事 W_1 を求めよ。
- (2) 小物体が $x = -\frac{mg}{3k}$ を通過するまでにばねからされた仕事 W_2 を求めよ。
- (3) 小物体が $x = -\frac{mg}{3k}$ を通過する瞬間の速さ v を求めよ。

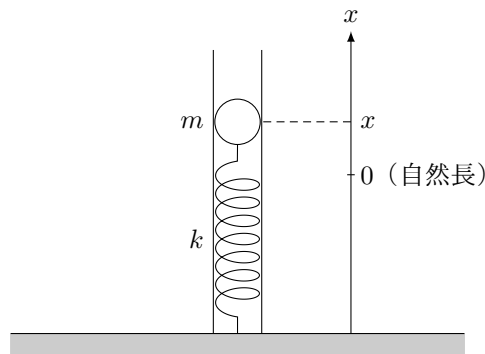


図1-4

VI 図1-5のように、滑らかな水平面上で静止している台（質量 M ）に向け、小球（質量 m ）を大きさ v_0 の初速で打ち出す。一切の摩擦を無視する。位置エネルギーの基準は各自で定めてよいものとする。小球が台上で折り返した瞬間の小球の速度を u 、小球の水平面上からの高さを y とする。

- (1) 運動量が保存する系の、小球が台上で折り返した瞬間の運動量保存則を立式せよ。
- (2) 運動量保存則に加え力学的エネルギー保存則を考えることで、 u 、 y をそれぞれ求めよ。
- (3) 小球が再び水平面上に戻ってきたときの小球の速度を v 、台の速度を V とする。 v 、 V をそれぞれ求めよ。

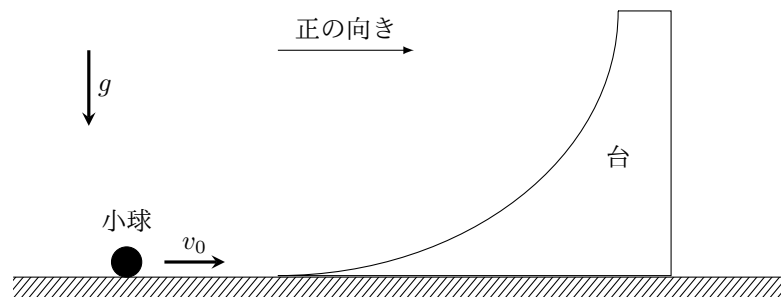


図1-5

VII 図 1-6 のように、一定速度 u で運動する壁面と物体の間の衝突を考える． x 軸を水平右向きに定める．物体の初速度を $v_0 (> u)$ とし、物体と壁面の間のはねかえり係数（反発係数）を e とする．

- (1) 衝突後の物体の速度 v を求めよ．
- (2) 衝突後、物体が x 正方向に運動するための u の条件を求めよ．
- (3) 衝突の前後で、壁が物体から受けた力積 I' を求めよ．

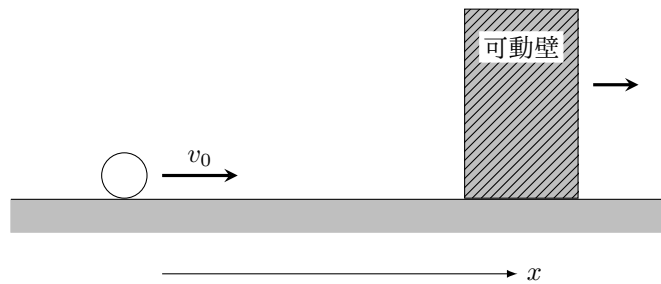


図 1-6

VIII 図 1-7 のように、質量 M の恒星を 1 つの焦点とした楕円軌道上を、質量 m の彗星が運動している．軌道上の点のうち、恒星から最も近い点 A と恒星との距離は R 、恒星から最も近い点 B と恒星との距離は $3R$ である．恒星は静止していると見做せ、万有引力定数を G とする．点 A での彗星の速さを v 、点 B での彗星の速さを V とする．

- (1) 点 A と点 B の間での面積速度保存則を考え、 v を、 V を用いて表せ．
- (2) 面積速度保存則に加え、点 A と点 B の間での力学的エネルギー保存則を考えることで、 v 、 V をそれぞれ求めよ．
- (3) この恒星の周囲を半径 R で円運動したときの周期を T としたとき、この楕円軌道の周期を T を用いて表せ．

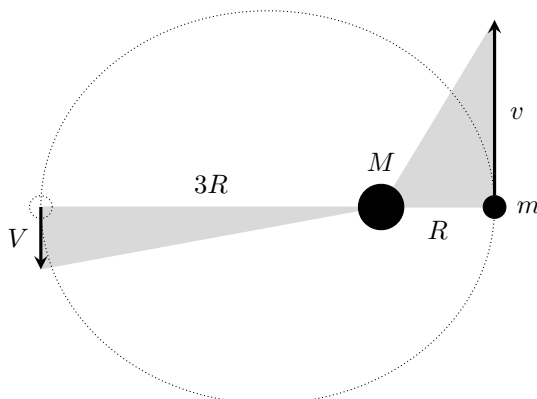


図 1-7

IX 図 1－8 のように、糸（長さ ℓ ，質量，伸縮ともに無視）の一端を固定し，他端になめらかで水平な板上にある質量 m の小球を取り付け，糸と鉛直線とのなす角 θ の位置で角速度 ω の等速円運動をさせた．

- (1) 小球の速さ v ，および円運動の周期 T を求めよ．
- (2) 運動方程式，およびつりあいより，張力の大きさ S ，垂直抗力の大きさ N を求めよ．
- (3) 小球が板から離れないための角速度 ω の条件を求めよ．

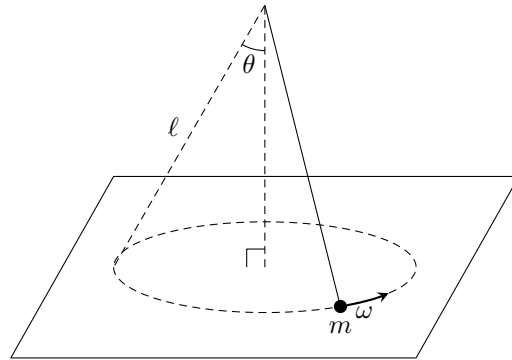


図 1－8

X 図 1－9 のように、糸（長さ ℓ ，質量，伸縮ともに無視）に吊られている小球（質量 m ）を，糸が水平となる位置から静かに手を放した．角度 θ を図のように定め，小球が角度 θ にあるときの小球の速さを v ，張力の大きさを T とする．

- (1) 力学的エネルギー保存則を考えることで， v を， g ， ℓ ， θ を用いて表せ．
- (2) 運動方程式の中心成分を考えることで， T を， m ， g ， θ を用いて表せ．
- (3) はじめ静かに手を放すのではなく，鉛直下向きに速さ v_0 の初速を与える場合を考える．小球が円軌道を保ちながら 1 周するための v_0 の条件を求めよ．

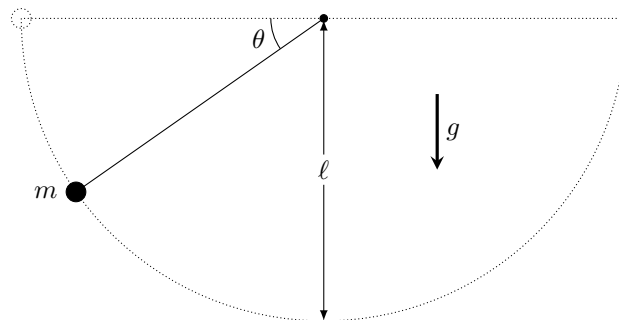


図 1－9

XI 図 1 - 10 のように，電車内の吊り革（質量 m ）が θ だけ傾いて静止している．電車の加速度を a ，吊り革にはたらく張力の大きさを T とする．

- (1) B さん視点で考える．吊り革の水平方向，および鉛直方向のつりあいをそれぞれ立式せよ．
- (2) T ， $\tan \theta$ を，それぞれ m ， a ， g のうちから必要なものを用いて表せ．
- (3) A さん視点における，吊り革の水平方向の運動方程式を立式せよ．

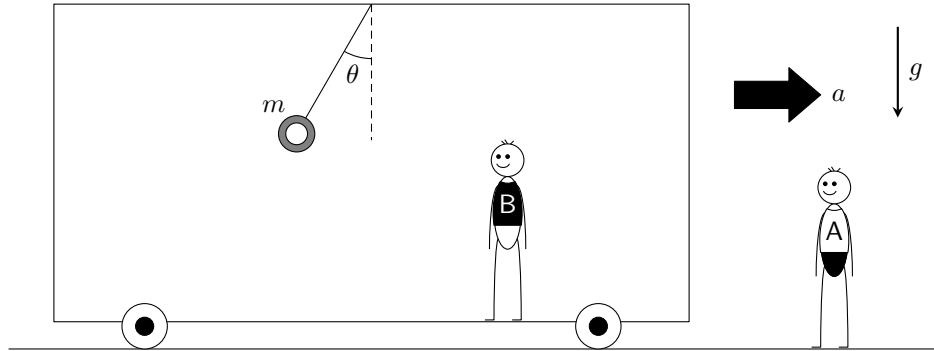


図 1 - 10

XII 図 1 - 11 のように，軽く伸縮しない糸の一端を壁に取り付け，他端を一様で変形の無視できる棒（質量 m ，長さ ℓ ）に取り付けて粗い壁にかけたところ，棒は水平な状態で静止した．棒と糸のなす角を θ とし，棒と糸との接続点を A とする．壁と棒の間の静止摩擦係数を μ ，棒が壁から受ける垂直抗力の大きさを N ，静止摩擦力の大きさを R ，糸から受ける張力の大きさを T とする．

- (1) 点 A まわりの力のモーメントのつりあいを考えることで， R を求めよ．
- (2) 力のつりあいを考えることで， N ， T を求めよ．
- (3) 棒と壁面との間に滑りが生じないための μ の条件を求めよ．

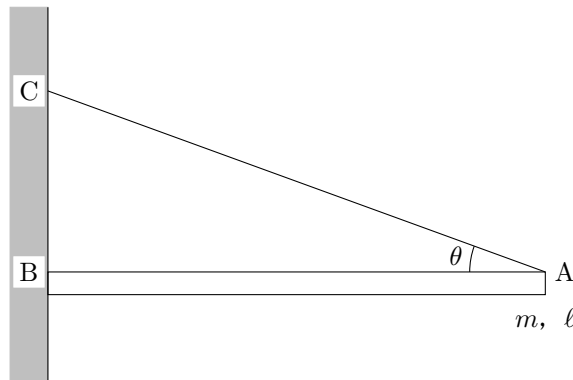


図 1 - 11

2

この大問は電気分野からの出題である。

I x 軸上の $x = L$ に Q の電荷を, $x = -L$ に $-Q$ の電荷を固定する (L, Q は正の定数). クーロンの比例定数を k とする.

- (1) $x = 2L$ における電位 ϕ を求めよ.
- (2) $x = 2L$ における電場 E を求めよ.
- (3) $x = 2L$ に $-3Q$ の電荷を置いたとき, この電荷にはたらく力 F を符号も含めて求めよ. また, 生じる位置エネルギー U も求めよ.

II 図 2-1 のような, 一様に帯電した誘電体球 (半径 a , 全帯電量 Q) の作る電場について考える. 真空の誘電率を ε_0 とする.

- (1) 誘電体球の電荷密度 ρ を, a, Q を用いて表せ.
- (2) 半径 r ($0 \leq r < a$) の球内部の電場の大きさを求めよ.
- (3) 半径 r ($a \leq r$) の球外部の電場の大きさを求めよ.

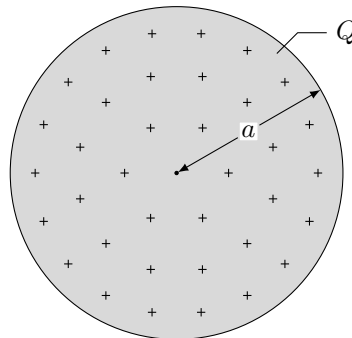


図 2-1

III 図 2-2 の回路を考える. スイッチ S を閉じた時刻を $t = 0$ とし, $t > 0$ での回路の状態を考える. 電池の起電力を E , 抵抗の抵抗値を R , 左側のコンデンサ C_1 の容量を $3C$, 右側のコンデンサ C_2 の容量を C とする. C_1 左側の帯電量を x , C_2 左側の帯電量を y とする. $t = 0$ において, $x = CE$, $y = 0$ の帯電をしていた.

- (1) 電荷保存則を考え, x, y の関係式を, C, E も用いて立式せよ.
- (2) 回路を閉じた直後に抵抗を流れる電流 I を求めよ.
- (3) 回路を閉じてから十分時間が経過した後の x, y をそれぞれ求めよ.

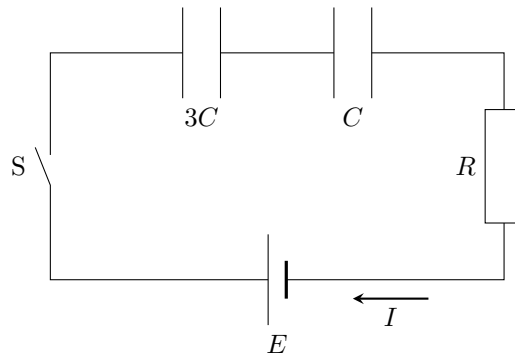


図 2 - 2

- IV 図 2 - 3 の回路を考える．スイッチ S を閉じた時刻を $t = 0$ とし， $t > 0$ での回路の状態を考える．電池の起電力を E ，抵抗の抵抗値を R ，コンデンサの容量を C とする．はじめコンデンサは $\frac{1}{3}CE$ だけ帯電しており（始状態），十分時間経過後コンデンサは CE だけ帯電した（終状態）．
- (1) 始状態から終状態までの間のコンデンサの静電エネルギー変化 ΔU を求めよ．
 - (2) 始状態から終状態までの間に電池がした仕事 W を求めよ．
 - (3) 始状態から終状態までの間に抵抗で生じたジュール熱 J を求めよ．

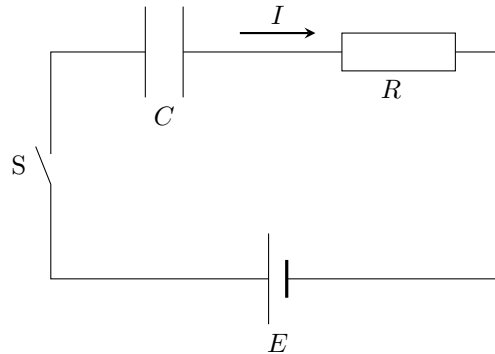


図 2 - 3

試験問題は，このページで終わりです．

