

2019年度

理 科

R 1

物 理

〔問題ページ数〕

6 ページ

〔解答用紙枚数〕

3 枚

2月25日(月)

【前期日程】

理 学 部 (数学科, 物理学科, 地球科学科)

工 学 部

農 学 部

地域創造学環 (選抜方法A)

13 : 00 ~ 14 : 20

注 意 事 項

試験開始前

- 1 監督者の指示があるまで、問題冊子、解答用紙に手を触れてはいけません。
- 2 監督者の指示に従い、出願時に選択した科目の問題冊子、解答用紙であるかどうかを確かめ、全部の解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 3 出願時に選択した科目と解答した科目が異なる場合は採点されません。

試験開始後

- 4 はじめに、問題冊子、解答用紙を確かめ、枚数の不足や、印刷の不鮮明なもの、ページの落丁・乱丁があった場合は、手をあげて監督者に申し出なさい。
- 5 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 6 問題は、声を出して読んではいけません。
- 7 各問ごとの配点は、比率(%)で表示してあります。

試験終了後

- 8 問題冊子は、必ず持ち帰りなさい。

問題訂正

科目 理科（物理）

訂正箇所

問題 2

3 ページ 問 2 (2)

(誤) コンデンサー C_1 に蓄えられた静電エネルギー . . .

(正) コンデンサー C_1 に蓄えられている静電エネルギー . . .

- 1 ばねにつながれた水平面上の物体の運動について考える。この問いで扱うばねはすべて、ばね定数を k とし、ばねの質量は無視できるとする。また空気抵抗および物体と水平面との摩擦は無視できるものとする。(配点 34%)

問 1 図 1 のように、大きさが無視できる質量 m の小球を水平面上に置き、小球と壁をばねでつなげた。図 1 の水平面上の軸を x 軸とし、 x 軸は右向きを正の方向とする。ばねが自然長のときの小球の位置を $x = 0$ とし、ばねの伸縮方向は x 軸に平行とする。

小球を $x = A (A > 0)$ から静かに離れたところ、小球は x 軸上で単振動を始めた。

- (1) 位置 x での小球にはたらくばねの弾性力 F を k, x を用いて表せ。
- (2) 単振動の角振動数を ω とするとき、位置 x での小球の加速度 a は $a = -\omega^2 x$ で表される。 ω を k, m を用いて表せ。
- (3) 単振動の周期 T を ω を用いて表せ。
- (4) 力学的エネルギー保存の法則から、位置 $x (-A \leq x \leq A)$ での小球の速さを A, k, m, x を用いて表せ。

問 2 図 2 のように、水平面上に大きさが等しい質量 m の球 1 と質量 m の球 2 を接して置き、球 1 と右の壁および球 2 と左の壁をばねでつなげた。このとき、両方のばねは自然長であった。図 2 の水平面上の軸を x 軸とし、 x 軸は右向きを正の方向とする。図 2 の球 1 と球 2 の接点の位置を $x = 0$ とし、両方のばねの伸縮方向はともに x 軸に平行とする。

図 3 のように球 1 の左端が $x = A (A > 0)$ の位置にくるように球 1 を移動させた後、球 1 を静かに離れた。球 1 と球 2 はともに x 軸上を運動する。ただし、球 1 と球 2 の間の反発係数を $e (0 < e \leq 1)$ とする。

- (1) 球 1 は静止している球 2 と 1 回目の衝突を起こした。1 回目の衝突の直前の球 1 の速度 v_1 を A, k, m を用いて表せ。
- (2) 1 回目の衝突直後の球 1 の速度 v'_1 と球 2 の速度 v_2 を e, v_1 を用いて表せ。
- (3) 1 回目の衝突後、球 2 は x 軸の負の方向に進み、球 2 の右端が $x = x'_2$ の位置まで達した。その後、球 2 は x 軸の正の方向に進みだした。 x'_2 を A, e を用いて表せ。
- (4) 球 1 と球 2 は、1 回目の衝突から ΔT の時間後に 2 回目の衝突を起こす。 ΔT を k, m を用いて表せ。
- (5) 2 回目の衝突直後の球 1 の速度 v''_1 を e, v_1 を用いて表せ。
- (6) 2 回目の衝突後、球 1 は x 軸の正の方向に進み、球 1 の左端が $x = x''_1$ の位置まで達した。その後、球 1 は x 軸の負の方向に進みだした。 x''_1 を A, e を用いて表せ。
- (7) 弾性衝突 ($e = 1$) の場合の x'_2 と x''_1 を A を用いて表せ。

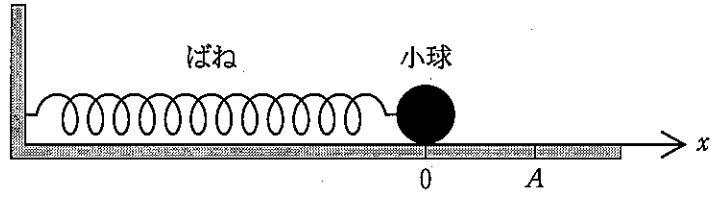


図 1

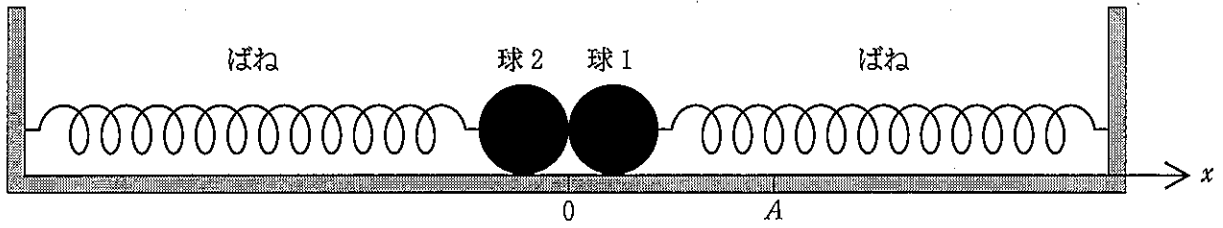


図 2

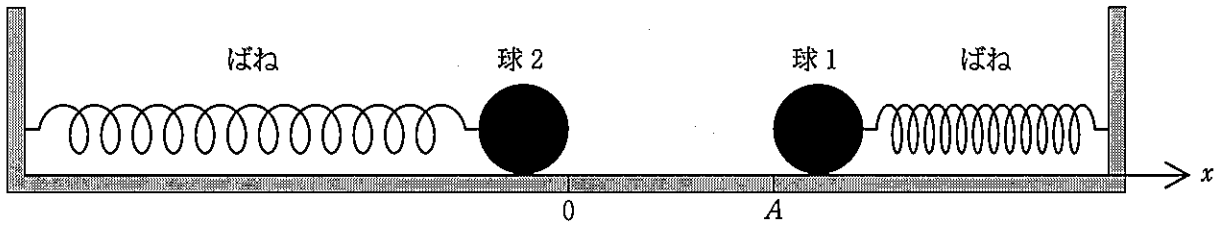


図 3

2

図1のように、起電力 V の電池 E 、抵抗値 R の抵抗 R 、自己インダクタンス L のコイル L 、コンデンサー C_1 、 C_2 、スイッチ S_1 、 S_2 、 S_3 からなる電気回路がある。コンデンサー C_1 、 C_2 はともに上と下の極板の面積が S 、極板の間が真空の平行板コンデンサーである。コンデンサー C_1 、 C_2 の極板間距離はそれぞれ x 、 d である。 I_1 は抵抗 R を流れる電流であり、図1の矢印の向きに流れる場合を正とする。 I_2 はコイル L を流れる電流であり、図1の矢印の向きに流れる場合を正とする。さらに V_1 はコンデンサー C_1 の下の極板を基準とした上の極板の電位、 V_2 はコンデンサー C_2 の下の極板を基準とした上の極板の電位とする。また、真空の誘電率を ϵ_0 とし、電池の内部抵抗とコイルの抵抗は無視できるとする。最初はすべてのスイッチは開いており、各コンデンサーには電荷が蓄えられていない。以下では手順1から手順4まで順に操作を行った。(配点 33%)

問1 まず手順1としてコンデンサー C_1 の極板間距離 x を d とした上で、スイッチ S_1 のみを閉じた。しばらく後に時間が経過したとき、コンデンサー C_1 の上と下の極板にはそれぞれ電気量 Q ($Q > 0$) と $-Q$ の電荷が蓄えられた。

- (1) コンデンサー C_1 の極板間に生じる電場の強さを d 、 V を用いて表せ。
- (2) 極板間に生じる電場の強さを Q 、 S 、 ϵ_0 を用いて表せ。
- (3) 問1(1)と問1(2)の結果から、電気量 Q は $Q = CV$ と表される。 C を d 、 S 、 ϵ_0 を用いて表せ。
- (4) コンデンサー C_1 に蓄えられた静電エネルギーを C 、 Q を用いて表せ。

以下のすべての問いにおいて、 C と Q はそれぞれ問1(3)の C と Q を表す。

問2 続いて手順2としてスイッチ S_1 を開き、すべてのスイッチを開いた状態にした。さらに、極板上に蓄えられた電気量を一定に保ちつつ、コンデンサー C_1 の極板間距離 x を d から $2d$ にした。

- (1) 電位 V_1 を V を用いて表せ。
- (2) コンデンサー C_1 に蓄えられた静電エネルギーを C 、 Q を用いて表せ。
- (3) コンデンサー C_1 の極板間距離 x を d から $2d$ にするのに必要な仕事を C 、 Q を用いて表せ。

問3 続いて手順3としてコンデンサー C_1 の極板間距離 x を $2d$ にしたまま、スイッチ S_2 のみを閉じた。

- (1) スwitch S_2 を閉じてしばらく後に時間が経過したときの電位 V_1 を V を用いて表せ。
- (2) スwitch S_2 を閉じてから経過した時間を t とする。電流 I_1 と時間 t の関係を表すグラフとして最も適切なものを図2の(ア)から(エ)の中から1つ選べ。さらに電位 V_1 と時間 t の関係を表すグラフとして最も適切なものを図3の(ア)から(エ)の中から1つ選べ。

問 4 最後に手順 4 としてスイッチ S_2 を開いてからスイッチ S_3 のみを閉じた。このとき、周期 T の振動電流 I_2 が流れ続けた。なお、コイル L に電流 I_2 が流れているとき、コイル L に蓄えられているエネルギーは $\frac{1}{2}LI_2^2$ である。また、スイッチ S_3 を閉じた瞬間の電位 V_2 は $V_0 (V_0 > 0)$ であったとする。

- (1) コンデンサー C_2 とコイル L に蓄えられるエネルギーの和が一定であることを用いて、スイッチ S_3 を閉じた後の任意の時刻での電流 I_2 の大きさを C, L, V_0, V_2 ($-V_0 \leq V_2 \leq V_0$) で表せ。
- (2) 電流 I_2 の大きさの最大値 I_0 を C, L, V_0 を用いて表せ。
- (3) スwitch S_3 を閉じてから電流 I_2 が初めて I_0 になるまでの時間を T を用いて表せ。
- (4) スwitch S_3 を閉じてから電位 V_2 が初めて $-V_0$ になるまでの時間を T を用いて表せ。

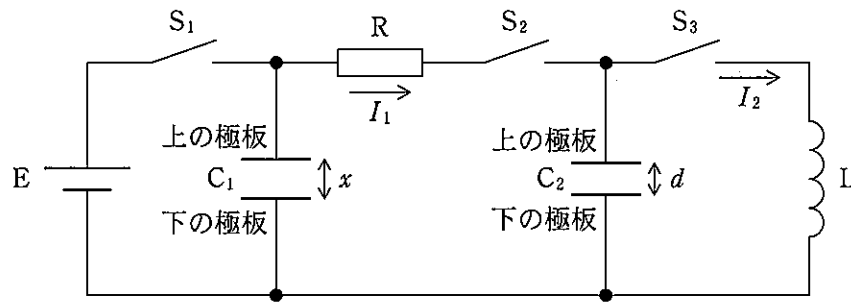


図 1

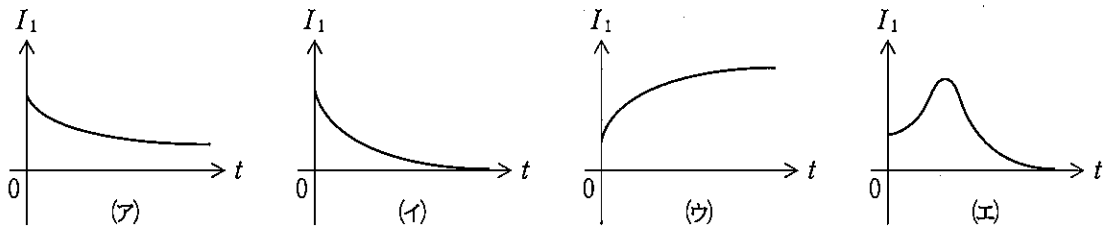


図 2

時間 t の経過とともに電流 I_1 は(ア)正の値, (イ)0, (ウ)正の値, (エ)0 に近づく。

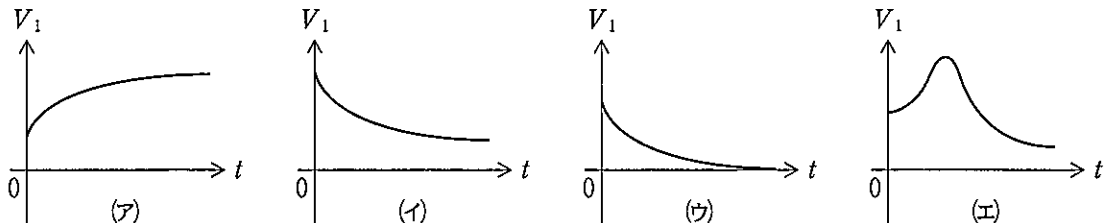


図 3

時間 t の経過とともに電位 V_1 は(ア)正の値, (イ)正の値, (ウ)0, (エ)正の値に近づく。

3

図は、線状の光源、狭いスリット S がある板、板から距離 L だけ離れたスクリーンおよび平面鏡からなる実験装置の断面図である。線状の光源とスリット S は互いに平行であり、板とスクリーンも互いに平行に配置されている。平面鏡は板とスクリーンの間に両者と垂直になるように置かれている。スリット S は鏡から距離 x だけ離れている。光源の光をスリット S に入射させたところ、スリット S からの直接光と鏡による反射光が干渉し、スクリーン上に干渉縞があらわれた。ここで鏡から距離 y だけ離れたスクリーン上の位置 P に到達する光の経路には、スリット S から直接到達する経路 1 と鏡で反射して到達する経路 2 がある。問 4 (3)、問 4 (4) を除き、実験装置は真空中にあるものとする。(配点 33 %)

問 1 図で経路 1 の長さ l_1 は $l_1 = \sqrt{L^2 + A^2}$ 、経路 2 の長さ l_2 は $l_2 = \sqrt{L^2 + B^2}$ で表される。 A 、 B を x 、 y を用いて表せ。

問 2 x と y は L に比べてじゅうぶん小さいとして、 $l_2 - l_1$ を L 、 x 、 y を用いて表せ。ここで、 $|a|$ が 1 に比べてじゅうぶん小さいときに成り立つ近似式 $\sqrt{1+a} \doteq 1 + \frac{a}{2}$ を用いよ。

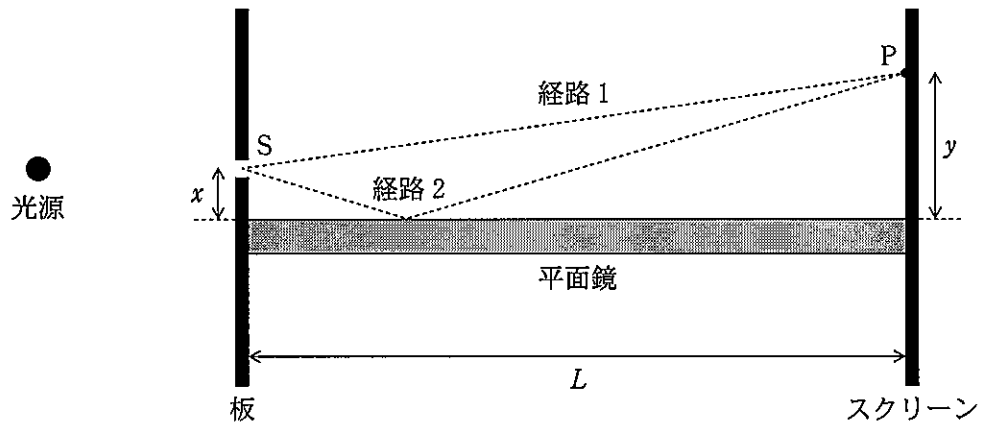
次の問 3 と問 4 では、 $l_2 - l_1$ の式に問 2 の結果を用いよ。

問 3 光源から出た波長 λ の単色光をスリット S に通した。

- (1) 鏡から最も近い明線が位置 P にあらわれた。 $l_2 - l_1$ は λ の何倍か答えよ。ただし、鏡で反射した光は位相が π ずれる。
- (2) 問 3 (1) のとき、 λ を L 、 x 、 y を用いて表せ。
- (3) 問 3 (2) の結果を用いて、 $L = 4.0 \text{ m}$ 、 $x = 2.0 \times 10^{-4} \text{ m}$ 、 $y = 3.2 \times 10^{-3} \text{ m}$ のときの λ の値を有効数字 2 桁で単位をつけて記せ。
- (4) 問 3 (1) の状態から、スリット S を鏡から遠ざけていった。位置 P はやがて暗線になった。このときの x を L 、 y 、 λ を用いて表せ。

問 4 光源から出た白色光をスリット S に通したところ、スクリーンに色づいた干渉縞があらわれた。

- (1) 紫色と赤色の光の波長をそれぞれ λ_p , λ_r とする。また鏡に最も近いスクリーン上の紫色の明線は鏡から距離 y_p 離れており、鏡に最も近いスクリーン上の赤色の明線は鏡から距離 y_r 離れている。 $y_p - y_r$ を L , x , λ_p , λ_r を用いて表せ。
- (2) 次の に入る式として適切なものを 横の () の中から 1 つ選べ。
 λ_p と λ_r の間の関係は (ア) ($\lambda_p < \lambda_r$, $\lambda_p = \lambda_r$, $\lambda_p > \lambda_r$) であるので、 y_p と y_r の間の関係は (イ) ($y_p < y_r$, $y_p = y_r$, $y_p > y_r$) となる。
- (3) 図の実験装置全体を屈折率 n ($n > 1$) の媒質で一様に満たすとき、 $y_p - y_r$ は真空中の場合の何倍になるか答えよ。ただし、 n は光の波長によらず一定とする。
- (4) 問 4(3)の状態では x を変化させる。 x を何倍にすると、 $y_p - y_r$ が真空中の場合と同じになるか答えよ。



図