



2020年度

公立千歳科学技術大学 理工学部

一般入試 前期日程 問題

物理基礎・物理

# 物理基礎・物理

1. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。

図1のように、小球Aを速さ  $v_A$  [m/s] で鉛直上方に投射し、同時に高さ  $H$  [m] の位置から小球Bを速さ  $v_B$  [m/s] で鉛直下方に投射した。その後、小球Aと小球Bは同時に地面に落下した。以下の(1)～(4)の問いに答えなさい。

- (1) 小球Aが最高点に達するまでの時間を  $v_A$  と  $g$  を用いて表しなさい。
- (2) 小球Aが最高点に達したときの小球Bの速さを  $v_A$  と  $v_B$  を用いて表しなさい。
- (3) 高さ  $H$  を  $v_A$ ,  $v_B$  及び  $g$  を用いて表しなさい。
- (4) 同じ高さ  $H$  から、小球Bを下方投射する速さを  $4v_B$  に増して同様の投射を試したところ、小球Aが最高点に達したときに、小球Bが小球Aと同じ高さを通じた。速さ  $v_B$  を  $v_A$  を用いて表しなさい。

つぎに、図2のように水平な地面から  $60^\circ$  上方に小球Aおよび小球Bを向かい合う方向に速さ  $v$  [m/s] で同時に斜方投射した。2つの小球はそれぞれ最高の高さで達した水平方向の速度のときに正面衝突した。その後、2つの小球は地面に落下し、2球の落下地点の間の距離は  $L$  [m] であった。小球Aの質量を  $m$  [kg]、小球Bの質量を  $2m$  [kg] とし、2つの小球が衝突で及ぼしあう力積は水平方向とする。以下の(5)～(8)の問いに答えなさい。なお、特に指定がない解答については、 $m$ ,  $v$ ,  $g$  のうち必要な記号を用いて表しなさい。

- (5) 衝突した地点の高さ  $h$  [m] を求めなさい。
- (6) 投射してから衝突までの時間  $t$  [s] を求めなさい。
- (7) 2球の衝突が弾性衝突であったとき、水平右方向を速度の正の向きとして、小球Aおよび小球Bそれぞれの衝突直後の水平方向の速度  $v_A$  および  $v_B$  を求めなさい。また、落下地点の間の距離  $L$  [m] はいくらか求めなさい。
- (8) 2球の衝突が反発係数  $e$  の非弾性衝突であったとき、2球の落下地点の間の距離  $L$  を  $m$ ,  $v$ ,  $g$ ,  $e$  のうち必要な記号を用いて表しなさい。

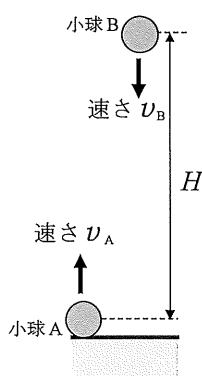


図1

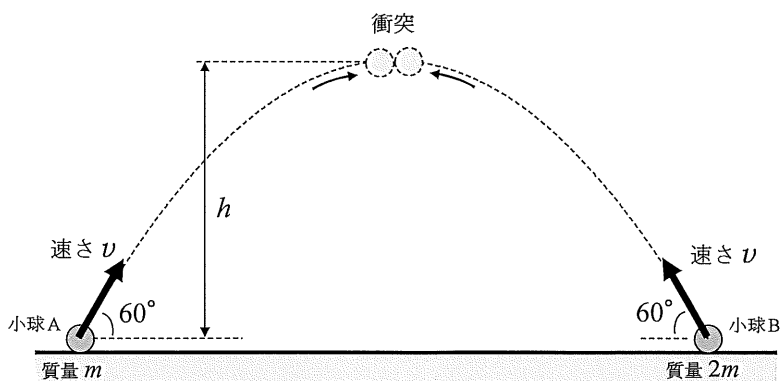


図2

2. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。数値の解答に際し、有効数字を3桁としなさい。

起電力  $E = 90.0 \text{ V}$  の電池、3つの抵抗  $R_1 = 6.00 \Omega$ 、 $R_2 = 12.0 \Omega$ 、 $R_3 = 36.0 \Omega$ 、端子 A、B およびスイッチ  $S_1$ 、 $S_2$  を用いて図1(a)のような回路を作った。最初スイッチ  $S_2$  は開いていて、端子 AB には何も接続されていないとする。

- (1) スイッチ  $S_1$  を閉じたとき、抵抗  $R_1$  を流れる電流とその消費電力を求めなさい。
- (2) (1) のあと、スイッチ  $S_2$  も閉じたとき、抵抗  $R_1$  を流れる電流とその消費電力を求めなさい。
- (3) スイッチ  $S_1$  と  $S_2$  が開いているとき、端子 AB 間に図1(b)に示す極板間隔  $d$ 、電気容量  $C = 1.00 \times 10^{-5} \text{ F}$  の平行板コンデンサーを接続した。このコンデンサーの極板の面積は十分に広く、極板間隔は十分に狭いとし、電荷は蓄えられていないとする。時刻  $t_1$  でスイッチ  $S_1$  を閉じた後に、コンデンサーを流れる電流  $I$  と時間  $t$  の関係を表すグラフを図2の(a)～(d)から選びなさい。スイッチ  $S_1$  を閉じて十分時間がたった後、コンデンサーに蓄えられる電気量と静電エネルギーを求めなさい。
- (4) (3) のあと、コンデンサーを端子 AB から取り外し、その極板間隔を  $d/2$  とした。このときコンデンサーに蓄えられる静電エネルギーを求めなさい。
- (5) (4) のあと、スイッチ  $S_1$  と  $S_2$  を開いて、端子 AB 間に図1(c)に示す自己インダクタンス  $L = 1.00 \times 10^{-3} \text{ H}$  のコイルを接続した。時刻  $t_1$  でスイッチ  $S_1$  を閉じた後に、コイルを流れる電流  $I$  と時間  $t$  の関係を表すグラフを図2の(a)～(d)から選びなさい。またスイッチ  $S_1$  を閉じて十分時間がたった後、コイルに蓄えられるエネルギーを求めなさい。

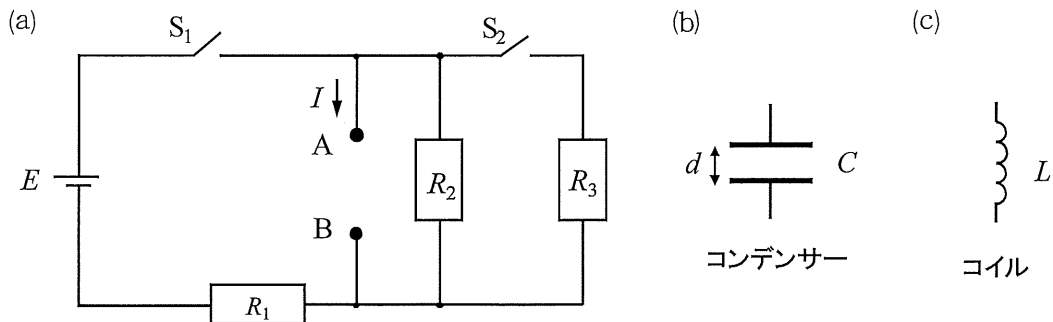


図1

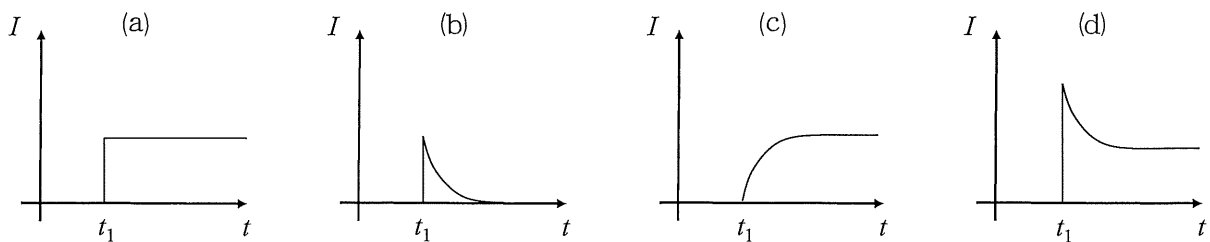


図2

## 物理基礎・物理

3. 以下の問いに答えなさい。数値の解答に際し、有効数字を3桁としなさい。

- (1) 音速を 340 m/sとして以下の問いに答えなさい。ただし、風は吹いていないとする。
- (ア) 振動数が 680 Hzの静止している音源から発生する音波の波長を求めなさい。
- (イ) 音源や観測者が運動すると、観測される音の振動数が変化する。この現象の名称を答えなさい。
- (ウ) 振動数が 680 Hzの音源が一定の速さ 40.0 m/sで静止した観測者に近づくとき、観測される音の振動数を求めなさい。
- (エ) 振動数が 680 Hzの音源が静止していて、観測者が一定の速さ40.0 m/sで音源から遠ざかるとき、観測される音の振動数を求めなさい。
- (オ) 図1のように振動数が 207 Hzの音源と観測者、音の反射板が一直線上に並んでいる。静止した音源および観測者から、音の反射板が一定の速さ 5.00 m/sで遠ざかるとき、観測される反射板からの音の振動数を求めなさい。また音源からの音と反射板からの音が重なることにより観測されるうなりの1秒あたりの回数を整数で答えなさい。

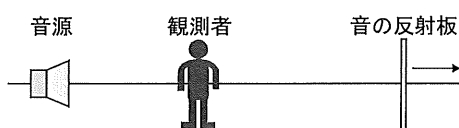


図1

- (2) 空気中で長さ  $L = 5.00 \times 10^{-2}$  mの2枚の平面ガラス板の一端に図2のように直径  $D$  の円柱を挟んだ。平面ガラス板の上方から振幅が一樣な波長  $6.00 \times 10^{-7}$  mの単色光波を照射し、その方向から見たところ、明暗の干渉縞が観測された。この干渉縞の隣り合う明線の間隔が  $3.00 \times 10^{-4}$  mのとき、以下の問いに答えなさい。ただしガラス板の長さ  $L$  に対して円柱の直径  $D$  は十分小さいとし、右端の隙間は  $D$  としてよいとする。また空気とガラスの絶対屈折率はそれぞれ 1.00 と 1.53 とする。
- (ア) 円柱の直径  $D$  を求めなさい。
- (イ) 直径が  $D/2$  の円柱を用いた場合、隣り合う明線の間隔を求めなさい。
- (ウ) (イ) のあと、円柱を元の直径  $D$  のものに戻した。この実験を赤色、緑色、青色の3つの単色光源を用いて行った。それぞれの光波による実験において隣り合う明線の間隔を  $\Delta x$  (赤),  $\Delta x$  (緑),  $\Delta x$  (青) とするとき、これらの正しい大小関係を以下の (a) ~ (d) の中から1つ選びなさい。
- (a)  $\Delta x$  (青)  $>$   $\Delta x$  (赤)  $>$   $\Delta x$  (緑)      (b)  $\Delta x$  (青)  $>$   $\Delta x$  (緑)  $>$   $\Delta x$  (赤)
- (c)  $\Delta x$  (緑)  $>$   $\Delta x$  (青)  $>$   $\Delta x$  (赤)      (d)  $\Delta x$  (赤)  $>$   $\Delta x$  (緑)  $>$   $\Delta x$  (青)
- (エ) (ウ) のあと、光源を波長が  $6.00 \times 10^{-7}$  mのものに戻した。そして図2の2枚の平面ガラス板の隙間に絶対屈折率が 1.33 の液体を満たして実験を行った。このとき観測される干渉縞の隣り合う明線の間隔を求めなさい。

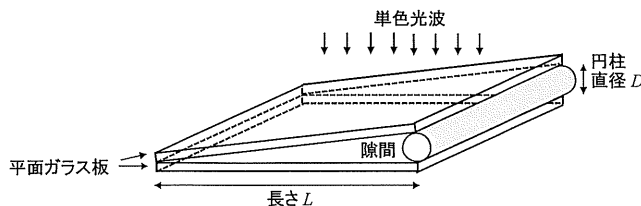


図2

4. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。

質量  $m$  [kg] の小球Aを軽くて電気を通さない糸1でつるし、同じ材質の糸2で図1のように水平右方向に力  $F$  [N] で引いたところ、糸1と鉛直線は角度  $\theta$  の状態でつり合い静止した。以下の(1), (2)の問いに答えなさい。

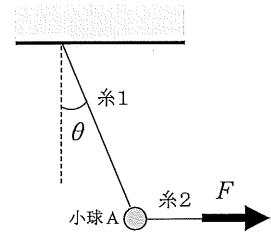


図1

- (1) 力  $F$  [N] を  $m, g, \theta$  を用いて表しなさい。
- (2) 糸1が小球Aを引く力の大きさを  $m, g, \theta$  を用いて表しなさい。

つぎに、糸2を取り外してから小球Aに正の電気量  $q$  [C] を与えた。電気量  $Q$  [C] の小球Bを小球Aと同じ高さから近づけたところ、図2のように小球Aから距離  $d$  [m] のところで糸1と鉛直線が角度  $\theta$  となつてつり合い静止した。以下の(3)~(5)の問いに答えなさい。なお、クーロンの法則の比例定数を  $k$  とし、(4), (5)については  $m, g, q, Q, k, \theta$  のうち必要な記号を用いて表しなさい。

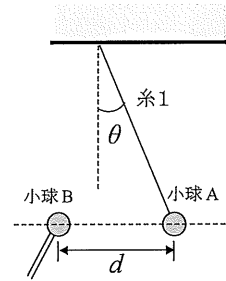


図2

- (3) 小球Bの電気量は正か負のどちらか答えなさい。
- (4) 距離  $d$  を求めなさい。
- (5) 小球Bの電気量をすみやかにゼロにしたところ、小球Aは静かに動き出し、鉛直面内で円軌道上を運動した。最下点を通過するとき、糸1が小球Aを引く力を求めなさい。

つづいて、正の電気量  $q$  [C]、質量  $m$  [kg] の荷電粒子の運動を考える。図3のように原点O、および  $x$  軸、 $y$  軸をとる。 $y > 0$  の領域には磁束密度  $B$  [T] の一様な磁場がかけられている。粒子が原点Oから距離  $r$  のスリット  $S_1$  を通して  $y$  軸と平行に速さ  $v$  [m/s] で入射した。その後、粒子は原点Oから距離  $r$  のスリット  $S_2$  から飛び出した。粒子がスリット  $S_1$  を通過した時刻を  $t = 0$  [s] とし、以下の(6)~(9)の問いに答えなさい。なお、(8), (9)については、 $r$  を用いずに、 $m, q, v, B, t$  のうち必要な記号を用いて表しなさい。円周率は  $\pi$  とする。重力は考えなくてよい。

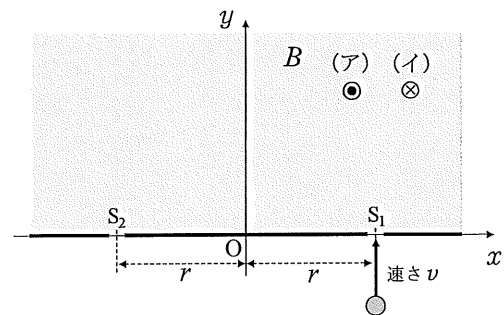


図3

- (6) 磁場中を運動する荷電粒子は磁場から力を受ける。この力を何というか。
- (7) 磁場の向きは、図3中の(ア), (イ)のどちらか答えなさい。
- (8) 粒子は(6)の力を向心力とした等速円運動を行った。その加速度の大きさを求めなさい。
- (9) 磁場に入射後の粒子の位置について、 $x$  座標および  $y$  座標をそれぞれ時間  $t$  の関数として式で表すと、

$$x = \text{ (a) } \quad \text{[m]}$$

$$y = \text{ (b) } \quad \text{[m]}$$

となる。スリット  $S_2$  から飛び出した時刻を  $t'$  とすると

$$t' = \text{ (c) } \quad \text{[s]}$$

となる。空欄(a), (b), (c)に入る式を答えなさい。