

平成 22 年 度

理 科

2 科目選択 時間 120 分

問 題 物 理 ページ：1～2

化 学 ページ：3～4

生 物 ページ：5～7

解答用紙 物理, 化学, 生物 各 1 枚

- 注 意
1. この中には上記の物が入っている。試験開始後確認すること。
 2. 3 科目すべての解答用紙に受験番号を記入すること。
 3. 出願のときの選択に従って 2 科目について解答すること。
 4. 試験終了時に、3 科目すべての解答用紙を回収する。

物 理 (全2の1)

1 2つのボールを種々の高さより同時に落下させる実験を行った。2つのボールの運動は同一鉛直線上でおきたものとする。また、ボール同士の衝突、およびボールと床との衝突は弾性衝突であるとする。重力加速度を g [m/s²] として以下の問いに答えなさい。運動表現では鉛直上向きを正に、床の高さを原点にとるとする。解答にあたっては、途中の計算も簡単に示し、解答欄[]内に国際単位系(SI)を用いた単位を簡潔な形で記入しなさい。

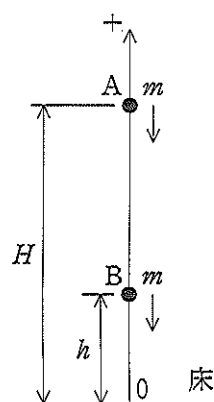


図 1 a

[A] 同じ質量 m [kg] の2つのボール A, B をそれぞれ高さ H [m], h [m] ($H > h$) から同時に、初速 0 m/s で落下させた(図 1 a)。

- 1) ボール B が床に達するまでの時間と、床との衝突直後の速度を求めなさい。
- 2) ボール B が床と衝突し、はねかえった後さらに運動し、その速度が初めて 0 m/s となった。落下を始めてからその時までの時間、およびその時のボール B の高さを求めなさい。また、その時に落下してきたボール A とボール B とが衝突するためには、高さ H [m] はいくらでなければならないか。

[B] 質量が m [kg] であるボール C と、質量がボール C の k 倍(ただし $k > 1$)、すなわち km [kg] であるボール D を用いて実験をした。ボール D を高さ h [m] から、ボール C をボール D のすぐ上の位置から同時に初速 0 m/s で落下させた(図 1 b)。

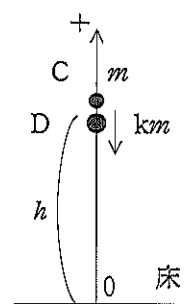


図 1 b

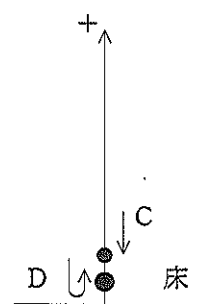


図 1 c

- 1) ボール D が床に衝突し、はねかえった直後にボール C と衝突した(図 1 c)。衝突位置は床面より高さ 0 m とみなし、ボール C の衝突直前の速度は高さ h [m] を落下したときの速度とみなせるとする。衝突直前のボール C の速度を求めよ。衝突直後でのボール C, D の速度を V_c' , V_D' として、衝突前後での運動量の保存を式で表しなさい。
- 2) 衝突直後のボール C の速度 V_c' を求めなさい。衝突後初めて、ボール C の速度が 0 m/s となる時の高さを求めなさい。
- 3) $k = 3$ のとき、ボール C の到達する高さは h の何倍か。また、 $k = 3$ のときの衝突直後のボール D の速度 V_D' はいくらか。

2 異なる性質を持つ物質に波が進むときの振舞いに関して、()内の適当な語句を選び、あるいは語句、式を書き入れて文章を完成させなさい。有効数字は2桁とする。

図 2 a のように、円柱の一部を、中心軸に平行な平面 P で切り取った形状をした物体 Z がある。光波が軸 l に平行に平面 P に垂直に進入するときの様子を底面から見た様子が、図 2 b に模式的に示されている。軸 l はもとの円柱の中心軸と直交し、平面 P に垂直である。光波の進行方向と境界面 P とが垂直であると、光波はその方向を変えずに L 点より物質中に進入する。次に曲面 Q の境界面で M 点に達し、(①)の法則にしたがって、光波はさらに進むと考えられる。(①)の法則は、波面を素元波に分解したり、その共通に接する直線、曲線が新たな波面を作るとする(②)の原理を用いて導かれる。曲面 Q が緩やかであるとして、境界面を、この曲面 Q と点 M で接する平面 U_{MV} で表して光波の進む方向を考えてみよう。平面 U_{MV} に M 点を通る法線 RMS を描く。角 LMR は入射角 θ_i である。物体 Z を出た光の進路上に点 C をとる。角 SMC は屈折角 θ_t であり、入射角 θ_i と、周囲の物質に対する物体 Z の屈折率 n_z との間には、(③)という関係がある。 n_z が“1.0”より大きいとき屈折角 θ_t は入射角 θ_i より(④ 大きく、小さく)、したがって、光波はこの物質を通過後、軸 l (⑤)から遠ざかる、(近づく)ように進む。

物 理 (全2の2)

空気中に置かれたガラスがこの物体Zであるとき、屈折率 n_z は約(⑥ 0.67, 1.0, 1.5)であるので、この形の物体は焦点距離が(⑦ 正, 負)で表現されるレンズのような働きをする。ところで、屈折率はその物質中を進む光の速さを表す係数でもあるので、今の場合、ガラス中を進む光の速さと空気中を進む光の速さの比は(⑧ $n_z^2, n_z, 1/n_z, 1/n_z^2$)の関係がある。したがって、上のような振舞いは波の速さによる表現でも可能となる。周囲が空気で、薄いプラスチックで上記の形を保っている水が物体Zで

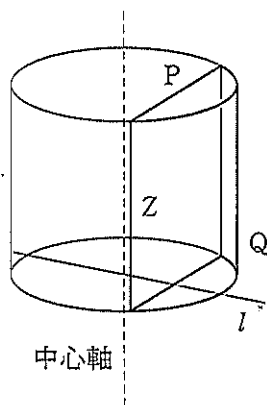


図 2 a

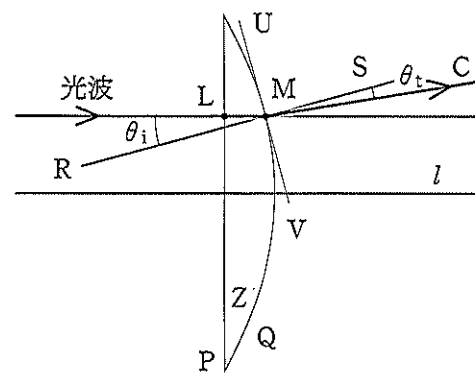


図 2 b

ある場合を考えてみる。プラスチックの厚さが十分に薄い時、それは無視できるとする。水中を進む音波の速さは空気中を進む音波の速さの約(⑨ 0.21 倍, 4.4 倍, 28 倍)なので、音波はこの形の水を通過後、軸 l (⑩ から遠ざかる, に近づく)ように振舞う。すなわち、水でできた物体Zは空気中で、音波に対して焦点距離が(⑪ 正, 負)で表現されるレンズのような働きをする。

3 図 3 a のように、磁束密度 B [T] の鉛直下向きの磁場中で、長さ L [m] の導体棒が O 端を中心にな一定の角速度 ω [rad/s] で回転している。導体棒の回転面と磁場は垂直である。自由電子の電荷を $-e$ [C] とし、電子にはたらく遠心力は無視する。次の問いに答えなさい。解答欄[]内には対応する単位を、国際単位系(SI)による簡潔な形で記入すること。

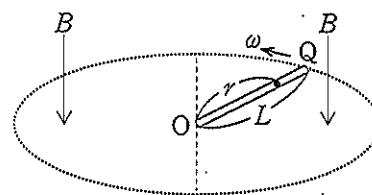


図 3 a

1) 導体棒中の自由電子が磁場から受ける力の名称は何か。O 端から距離 r [m] にある 1 個の自由電子が受ける力の大きさはいくらか。また、自由電子は O, Q のどちらの方に移動するか。

2) 自由電子の移動によって発生した電場の大きさを求めよ。また、電場の向きは O から Q, Q から O のどちらか。

3) 導体棒が 1 s 間あたりに磁場を横切る面積はいくらか。また、導体棒に発生する誘導起電力の大きさはいくらか。

次に、図 3 b のように導体棒の Q 端と半径 L [m] の円形導線とを接触させ、O 端と円形導線の間には抵抗値 R [Ω] の電気抵抗を接続し、前と同じ一定の角速度 ω [rad/s] で導体棒を回転させた。ただし、導体棒と円形導線の電気抵抗はないものとする。

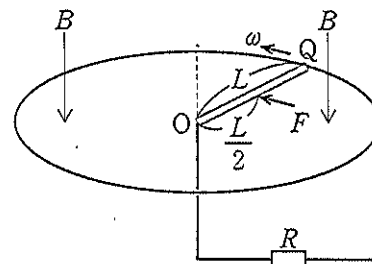


図 3 b

4) 電気抵抗を流れる電流はいくらか。導体棒に電流が流れ、導体棒は回転方向とは逆方向に磁場から力を受ける。導体棒を一定の角速度で回転させるための外力 F は、導体棒の midpoint に加えている。外力の向きは、回転面内で導体棒に対して垂直である。外力の仕事率と外力の大きさはいくらか。

--

時間 120分 (2科目)

物 理 採点欄()

1	[A] 1) 時間	速度	2) 時間	高さ
	[]	[]	[]	[]
	[B] 1) Cの速度		運動量保存則	H
	[]	[]	[]	[]
2) V_c'		高さ	3) 何倍	
	[]	[]	[]	
		V_b'		
		[]		

①	②	③	
④	⑤	⑥	⑦
⑧	⑨	⑩	⑪

3	1) 名称		力の大きさ		方向	
	[]		[]		[]	
	2) 電場の大きさ		向き		3) 面積	
[]		[]		誘導起電力の大きさ		
[]		[]		[]		
4) 電流		外力の仕事率		外力の大きさ		
[]		[]		[]		