

5 3 5 4 5 5

理 科 問 題

(平成 27 年 度)

【注意事項】

1. この問題冊子は「理科」である。
2. 理科は 2 科目を解答すること。試験時間は 2 科目合計で 180 分である。
3. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開いてはいけない。ただし、表紙はあらかじめよく読んでおくこと。
4. 試験開始後すぐに、以下の 5. に記載されていることを確認すること。
5. この問題冊子の印刷は 1 ページから 18 ページまであり、解答用紙は問題冊子中央に 10 枚はさみこんである。

科 目	問 題	解答用紙
物 理	1 ページから 6 ページ	3 枚 (53-1, 53-2, 53-3)
化 学	7 ページから 10 ページ	3 枚 (54-1, 54-2, 54-3)
生 物	11 ページから 18 ページ	4 枚 (55-1, 55-2, 55-3, 55-4)

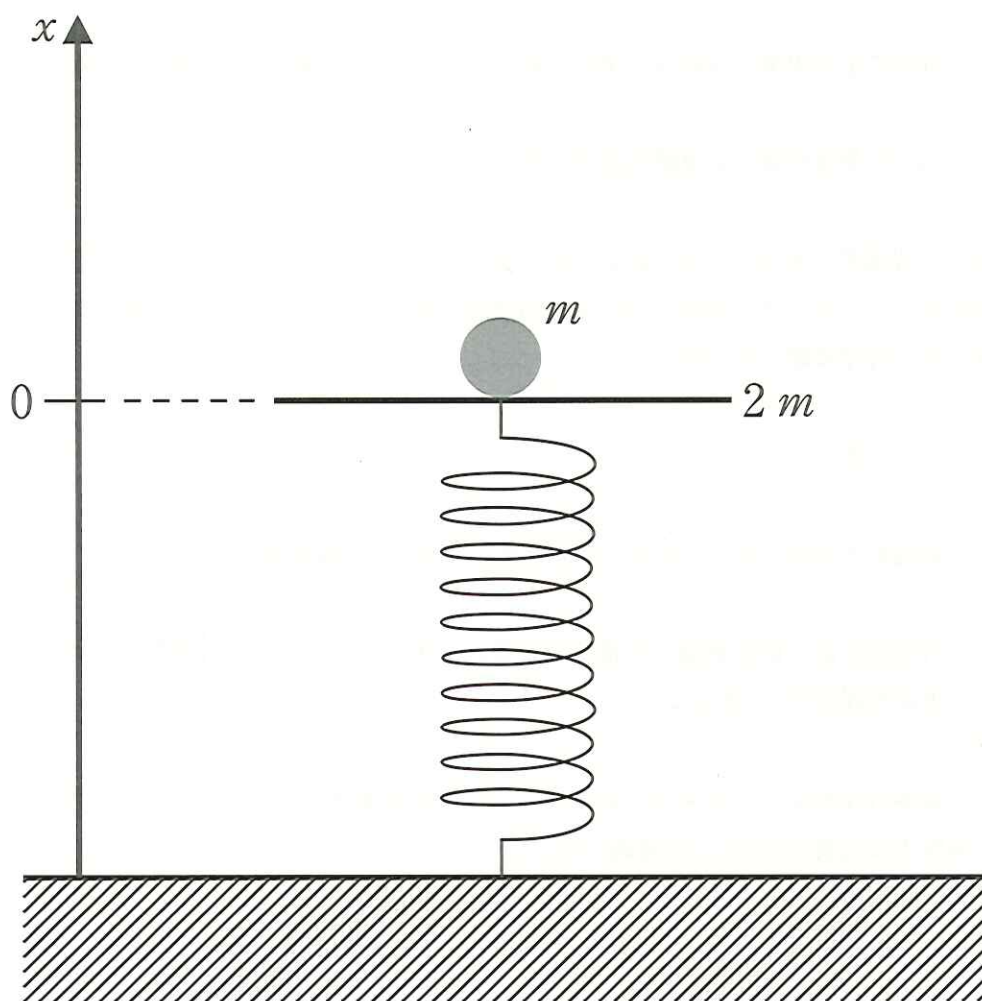
6. 問題冊子に落丁、乱丁、印刷不鮮明な箇所等があった場合および解答用紙が不足している場合は、手をあげて監督者に申し出ること。
7. 試験開始後、解答する科目の解答用紙の所定欄に、受験番号と氏名を記入すること（1 枚につき受験番号は 2 箇所、氏名は 1 箇所）。
8. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。解答用紙の裏面に記入してはいけない。
9. 解答する科目の問題番号に対応した解答用紙に解答していない場合は、採点されない場合もあるので注意すること。
10. 解答する字数に指定がある場合は、句読点も 1 字として数えること。英数字を記入する場合は、1 字分のマス目に 2 文字まで記入してよい。
11. 問題冊子の中の白紙部分は下書き等に使用してよい。
12. 解答用紙を切り離したり、持ち帰ってはいけない。解答しない科目の解答用紙も提出すること。
13. 試験終了時刻まで退室を認めない。試験中の気分不快やトイレ等、やむを得ない場合には、手をあげて監督者を呼び指示に従うこと。
14. 試験終了後は問題冊子を持ち帰ること。

53 物理

1 ページから 6 ページ

〔 I 〕 図に示すように鉛直に立てられた軽いばねに、厚みの無視できる質量 $2m$ の板を固定する。その板の上に、質量 m の小球を静かに置いたところ、自然長より d だけ縮んで静止した。この位置を原点とし、鉛直上向きを正として x 軸をとる。ここから、さらに $\alpha d (\alpha > 0)$ だけ板を押し下げ静かに離したところ、板と小球は一体で動き始めた。ここで、ばねの変形はフックの法則が成立する範囲にあるとし、空気抵抗や摩擦の影響は無視する。また、重力加速度の大きさを g とし、運動は鉛直方向のみを考える。

- (1) このばねのばね定数を求めよ。
- (2) 板と小球が一体で動いているとき、位置 x での加速度および小球が板から受ける垂直抗力を求めよ。
- (3) ある位置で小球が板から離れて上昇した。小球が板から離れるための α の条件、離れる瞬間の位置(座標)、およびそのときの小球の速さを求めよ。
- (4) 小球は板から離れた後、ある高さまで上昇しその後落下した。小球の最高到達点の位置(座標)を求めよ。
- (5) 小球が板から離れた後、初めて板と衝突するまでの間、板は単振動をした。この単振動の振動の中心位置(座標)と振幅を求めよ。
- (6) 板が小球と離れて、ちょうど1周期だけ振動したときに、小球と板が初めて衝突した。このときの α を求めよ。

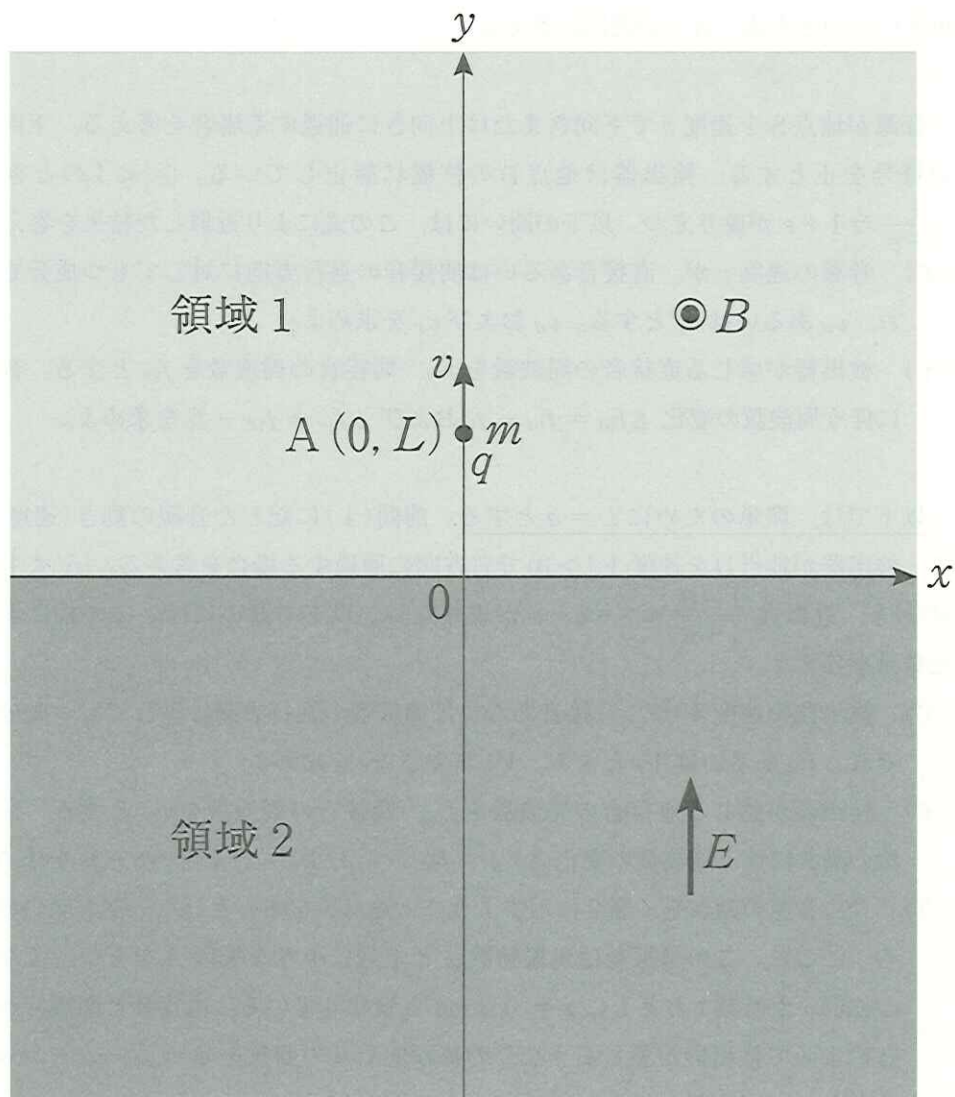


〔Ⅱ〕 磁界および電界の影響を受け、 xy 平面内を運動する正の電荷 q をもった質量 m の荷電粒子を考える。図のように、領域 1 ($y > 0$) では磁束密度の大きさ B の一様な磁界が xy 平面に対して垂直(紙面裏から表の向き)にかかっており、領域 2 ($y < 0$) では一様な電界 E が y 軸の正の方向にかかっている。荷電粒子を点 $A(0, L)$ より y 軸の正方向に速さ v で打ち出した後の運動について、以下の問いに答えよ。重力の影響は無視してよい。

- (1) 荷電粒子が領域 1 内で受けるローレンツ力の大きさを求めよ。
- (2) 荷電粒子が領域 1 内のみで運動し続けるために L が満たすべき条件を求めよ。
- (3) (2) の条件を満たす運動の周期を求めよ。

次に、荷電粒子を点 $A_0(0, L_0)$ から打ち出したところ、荷電粒子は x 軸を通過して領域 2 に入射した。このとき、領域 2 への入射角度は x 軸に対して 45° であり、荷電粒子はその後、領域 2 から再び領域 1 に入射した。

- (4) このときの L_0 を求めよ。
- (5) 荷電粒子を打ち出してから、 x 軸を通過するまでの時間を求めよ。
- (6) 荷電粒子が、同じ軌道上を繰り返し運動し続けるために必要な電界の強さ E_1 およびその運動の周期 T_1 を求めよ。
- (7) 電界の強さが E_2 ($E_2 < E_1$) のとき、荷電粒子は領域 2 を 1 回だけ通過した後、 $x < 0$ で領域 1 に入射して点 A_0 を通過した。
 - (ア) このときの電界の強さ E_2 を求めよ。
 - (イ) 荷電粒子が点 A_0 から打ち出されてから、領域 2 に 3 回入射するまでの軌道の概略図を示せ。
- (8) 電界の強さが E_3 ($E_2 \leq E_3 < E_1$) のとき、荷電粒子は領域 2 を n 回通過した後、点 A_0 を通った。電界の強さ E_3 を求めよ。



〔Ⅲ〕 図1に示すように、室内の地点Sに周波数 f_0 の音源があり、全方向に向かって一様な音波を発生している。音源の上方で距離 a の位置にある天井は、音の反射壁として作用する。また、音源の下方で距離 a の位置には吸音材でできた床がある。地点Sの直下の床上から距離 L の位置(地点D)には音の検出器がある。検出器には、地点Sから地点Dに直接的に伝搬する音(直接音)と、地点Sから出て天井で反射したのち地点Dに到達する音(間接音)の2種類の音が入ってくる。音速を c とする。ここで、音源や検出器が動く場合、その速度は音速に比べて十分に小さいものとする。以下の設問に答えよ。

- (1) 音源が地点Sを速度 v で下向きまたは上向きに通過する場合を考える。下向きの速度の符号を正とする。検出器は地点Dの位置に静止している。 $|\varepsilon| \ll 1$ のとき、近似式 $\frac{1}{1+\varepsilon} \doteq 1-\varepsilon$ が成り立つ。以下の問いには、この式により近似した結果を答えよ。
- (ア) 音源の速度 v が、直接音あるいは間接音の進行方向に対してもつ成分を、それぞれ、 v_d あるいは v_r とする。 v_d および v_r を求めよ。
- (イ) 検出器が感じる直接音の周波数を f_{1d} 、間接音の周波数を f_{1r} とする。音源の動きに伴う周波数の変化 $\Delta f_{1d} = f_{1d} - f_0$ および $\Delta f_{1r} = f_{1r} - f_0$ を求めよ。
- (2) 以下では、簡単のために $L = a$ とする。前問(1)に記した音源の動き(速度 v)に加えて、検出器が地点Dを速度 $V(>0)$ で右方向に通過する場合を考える。 $|\delta| \ll 1$ 、 $|\varepsilon| \ll 1$ のとき、近似式 $\frac{1+\delta}{1+\varepsilon} \doteq 1+\delta-\varepsilon$ が成り立つ。以下の問いには、この式により近似した結果を答えよ。
- (ア) 検出器の速度 V が、直接音あるいは間接音の進行方向に対してもつ成分を、それぞれ、 V_d あるいは V_r とする。 V_d および V_r を求めよ。
- (イ) 検出器が感じる直接音の周波数を f_{2d} 、間接音の周波数を f_{2r} とする。音源と検出器の動きに伴う周波数の変化 $\Delta f_{2d} = f_{2d} - f_0$ および $\Delta f_{2r} = f_{2r} - f_0$ を求めよ。
- (ウ) 今、音源の動きを、図2に示すように、地点Sを中心とした上下方向の単振動とする。ここで、この単振動は角振動数 ω と十分に小さな振幅 A をもつ、すなわち、その位置 x が時刻 t とともに $x = A \sin \omega t$ と変化している。直接音と間接音が重なることによって検出器が感じるうなりの毎秒あたりの回数を $\phi = f_0 |-\alpha + \beta \cos \omega t|$ と書くとき、 α および β を求めよ。
- (エ) 上の(ウ)で扱ったうなりは、音源が一周期の振動をする間($0 < t < \frac{2\pi}{\omega}$)に絶え間なく観測された。このような事が起きるためには、検出器の速度 V は $V > V_1$ を満たしていなければならない。 V_1 を求めよ。ここで、この間に検出器が移動する距離は無視できるほど小さいものとする。

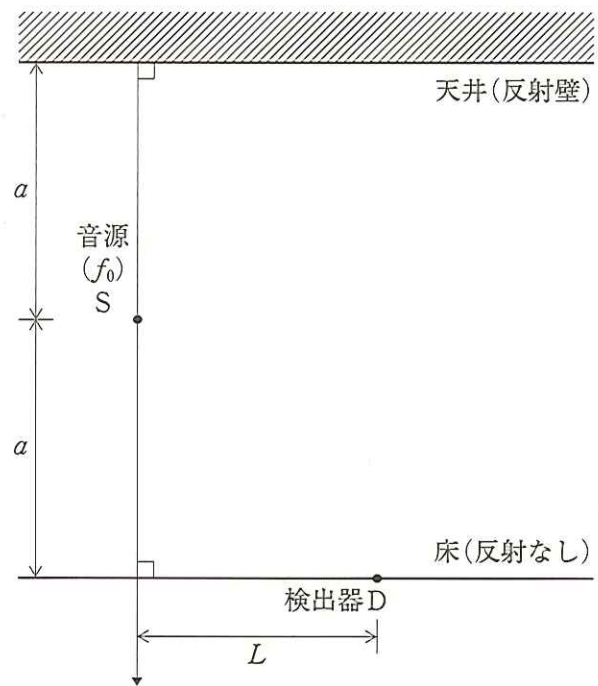


図 1

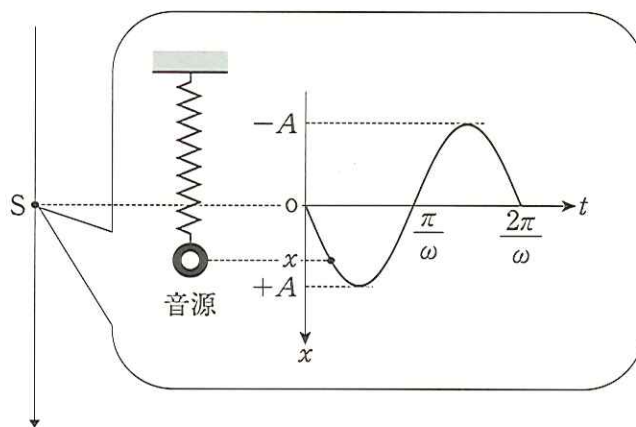


図 2