

岐阜大学

物理

問題

2018年度入試

【学部】 医学部、工学部、応用生物科学部

【入試名】 前期日程

【試験日】 2月25日

【問題解答前の確認事項】

【注意】 工・応用生物科学は①～④、医は①・②・③を解答する。



「過去問ライブラリーは、(株)旺文社が刊行する「全国大学入試問題正解」を中心とした過去問、研究・解答(解答・解説)を掲載しています。本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は、(株)旺文社または各情報提供者に帰属します。本サービスに掲載の全部または一部の無断複製、配布、転載、譲渡等を禁止します。各設問に対する「研究・解答」は原則として旺文社が独自に作成したものを掲載しています。掲載問題のうち★印を付したものは、著作権法第67条の2第1項の規定により文化庁長官に裁定申請を行った上で利用しています。

裁定申請日 【2017年】8/1 【2018年】4/24、9/20 【2019年】6/20

1 次の文を読み、以下の問いに答えよ。(配点比率 医: $\frac{1}{3}$, 工・応生: $\frac{1}{4}$)

図1のように、質量 M [kg], m [kg] ($m < \frac{1}{2}M$) の物体 A, B がばね定数 k [N/m] のばねで連結され、なめらかで水平な床に置かれて静止している。そこへ物体 C が速さ V [m/s] で接近し、A と弾性衝突した。C は十分に大きな質量をもつため、衝突後も一定の速度 V をもつとみなすことができる。C と A の2度目の衝突は起こらなかった。運動は一直線上で行われ、紙面右向きを正の向きとする。また、ばねの伸縮はフックの法則が成り立つ範囲にあり、ばねの質量は無視できるものとする。

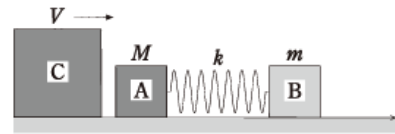


図1

問1 衝突直後のAの速度 v_A [m/s] とBの速度 v_B [m/s] を答えよ。

なお、衝突直後のばねは自然長なので、B は力を受けない。

問2 衝突後、時間 Δt [s] が経過する間にAの速度が Δv_A [m/s] だけ変化したとすると、Bの速度の変化 Δv_B [m/s] を M , m , Δv_A を用いて表せ。

問3 衝突後のばねが最も縮んだときにおける、A, Bの運動エネルギーの和 K [J] とばねの弾性エネルギー(弾性力による位置エネルギー) U [J] を求め、 M , m , V を用いて表せ。

問4 ばねで連結されたAとBを、質量 $(M+m)$ [kg] の伸縮可能なひとつの物体Dと考え、CとDの衝突におけるはね返り係数(反発係数) e を求めよ。ただし、Dの速度 v_D は、 $(M+m)v_D$ がAとBの運動量の和に等しくなるように定義する。

問5 上記問4のはね返り係数から、CとDの衝突は非弾性衝突である。一般に、非弾性衝突では運動エネルギーの一部が主に熱になり失われることが知られている。では、CとDの非弾性衝突で失われる運動エネルギーは何のエネルギーになるのか、25文字以内で述べよ。

次に、図2のようにAに固定された観測者HがBの運動を観察する場合を考える(ただし、観測者の質量は考えない)。床に対するAの加速度が a_A [m/s²] であるとき、すべての物体に加速度 $\square ①$ [m/s²] を与える力がはたらいているようにHには観察される。このような見かけ上の力を $\square ②$ 力という。HがBの運動を記述するには、実際にはたらく力に加えて $\square ②$ 力も物体にはたらくしているものとして、運動方程式を考えればよい。

問6 空欄①, ②に適する式または語句を答えよ。

問7 ばねの自然長からの伸びが x' [m] であるとき、Hから見たBの加速度 a'_B [m/s²] を求め、 M , m , k , x' を用いて表せ。

問8 上記問3において、衝突後、ばねが最初に最も縮むまでに要する時間 t_1 [s] を求めよ。

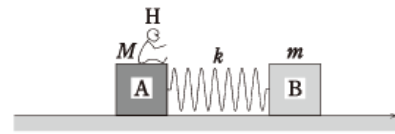


図2

2 次の文を読み、以下の問いに答えよ。(配点比率 医: $\frac{1}{3}$, 工・応生: $\frac{1}{4}$)

十分大きな2枚の平行な導体板が鉛直に置かれ、その間隔は $2L$ [m] である。導体板に垂直に絶縁体の棒が渡されている。その棒を含む鉛直面内の断面図を図1に示す。棒上の、導体板との距離 L [m] の点Aから長さ l [m] ($l > L$) の導線で、質量 m [kg]、半径 a [m] ($a \ll L$) のごく小さな導体球(小球)がつるされ、静止している。この小球の位置を点Oとする。小球はこの断面内を、導線がたるまないで自由に運動ができるようになっている。

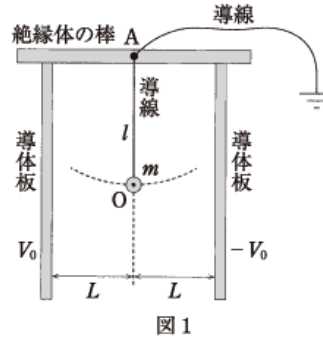


図1

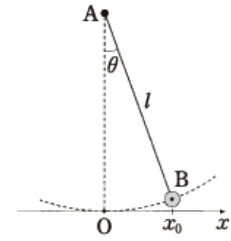


図2

点Aを導線で接地し、導体板に電源をつないで左の導体板の電位を V_0 [V] ($V_0 > 0$) に、右側の電位を $-V_0$ [V] にする。小球を点Oから右側に少しだけ移動させた後、静かにはなし、その後の運動を観察する。種々の V_0 で観察すると、 V_0 が小さいうちは小球は点Oに向かって動き、 V_0 が大きくなると点Oの方向に向かわず、導体板に衝突することが観察される。なぜこのような現象が起きるのかを考察してみよう。

図2に示すような、点Oを通り、導体板に垂直な直線を x 軸とする座標系(座標原点を点O, 右向きを正の向き)で考えることにする。点Oから右向きに少しだけ離れた点をBとし、その x 座標を x_0 [m] ($x_0 \ll l$) とする。この点の電位はゼロと異なるため、小球が点Bに置かれると、接地している導線を通して電荷が移動し、小球は帯電する。その小球が持つ電気量を q [C] とする。帯電したことにより、小球は導体板間の電場(電界)から大きさ F_1 [N] の力を受ける。ここで、左右の導体板が作り出す電場は、小球が帯電することによる影響は受けないものとする。一方、小球に作用するその他の力は点Oに向かうはたらきをする。 x 軸負の向きにはたらくこの力の大きさを F_2 [N] とする。したがって、点Bの小球を静かにはなすと、 F_1, F_2 に依存して、点Oに向かうか、逆に導体板に向かうことになる。

問1 座標軸上の座標 x [m] ($-L < x < L$) の点における、左右の導体板により生じる電場の強さ E [N/C] とその向きを答えよ。また、この点の電位 V [V] を x の関数として求めよ。

問2 小球は、点Bに置かれたとき、正・負どちらに帯電するか答えよ。また、その理由を簡潔に述べよ。

問3 小球は接地されているため、点Bにおける左右の導体板による電位と、電気量 q による電位との和である小球の電位はゼロである。また一般に、半径 r [m] の導体球の持つ電気量が Q [C] のとき、その電位は球の中心に置かれた点電荷 Q による距離 r の点における電位と同じと考えてよい。上記に基づいて、点Bの小球がもつ電気量 q を求めよ。ここで、クーロンの法則の比例定数を k [$\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$] とせよ。

問4 電気量 q に帯電した小球が、導体板間の電場から受ける力の大きさ F_1 とその向きを答えよ。 F_1 は q を用いて表してよい。

問5 下線部がなぜそうなるのかを説明し、 F_2 を求めよ。このとき x_0 が十分小さいため、直線 AB と AO とのなす角 θ [rad] について、 $\cos\theta \approx 1$ の近似式を用いよ。 F_2 は、 l, m, x_0 , および重力加速度の大きさ g [m/s^2] で表せ。

問6 小球が点Oに向かう運動となるためには、電位 V_0 はある電位 V_1 [V] より小さくなければならない。 V_1 を、 L, l, m, a, k, g を用いて表せ。

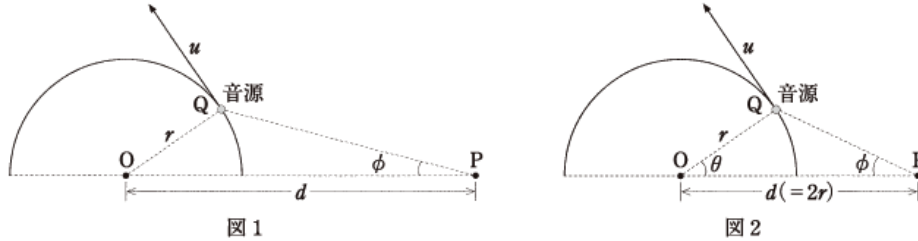
3 次の文を読み、以下の問いに答えよ。(配点比率 医： $\frac{1}{3}$, 工・応生： $\frac{1}{4}$)

図1のように半径 r [m] の半円上を、音源が振動数 f_0 [Hz] の音を発しながら反時計回りに等速で移動している。半円の中心 O から右方向に d [m] ($d \geq r$) 離れた点 P で音を観測したところ、時間とともに振動数が変化した。この現象はドップラー効果によるものだと考えられる。音源の位置を点 Q で表し、 $\angle QPO$ を ϕ [rad]、空気中の音速を V [m/s]、音源の速さを u [m/s] ($u < V$) とし、点 P で観測される振動数 f [Hz] について考えてみよう。ただし、風の影響は無視できるものとする。

音源の速度は、点 P から遠ざかる方向を正とし、直線 PQ 方向の成分を u_Q [m/s] とする。移動中の音源のある瞬間の位置の変化を考えると、音源は点 P から速さ u_Q で遠ざかっていると考えられる。

問1 音源が点 Q で発した音を点 P で観測したときの振動数 f を f_0 , V , u_Q を用いて表せ。

問2 u_Q を r , d , u , ϕ を用いて表せ。必要であれば、導出過程で図1を使ってもよい。



u_Q は音源の位置によって変化する。したがって、観測される f から音源が音を発した位置を特定できる可能性がある。その確認のために図2のように OP 間の距離を $d=2r$ とし、音源の位置を $\angle QOP$ の角 θ [rad] ($0 < \theta < \pi$) で表し、 f と θ の関係を調べた。

問3 $\sin \phi$ を θ を用いて表せ。必要であれば、導出過程で図2を使ってもよい。

問4 f を θ の関数として表せ。

問5 観測された振動数の比 $\frac{f}{f_0}$ は θ に対してどのように変化するか、図3の①～⑥のグラフの中で変化の様子を最もよく表しているものを一つ選び、図中の番号で答えよ。×印は比 $\frac{f}{f_0}$ が最小となる点を示している。

次に観測点の位置を変えてみよう。 OP 間の距離 d が変わると観測される f も変化する。

問6 f から音源が音を発した位置を一点に特定できるのは、図3の①～⑥のグラフの中でどれになるときであろうか。図中の番号で答えよ。またそのときの OP 間の距離 d を答えよ。

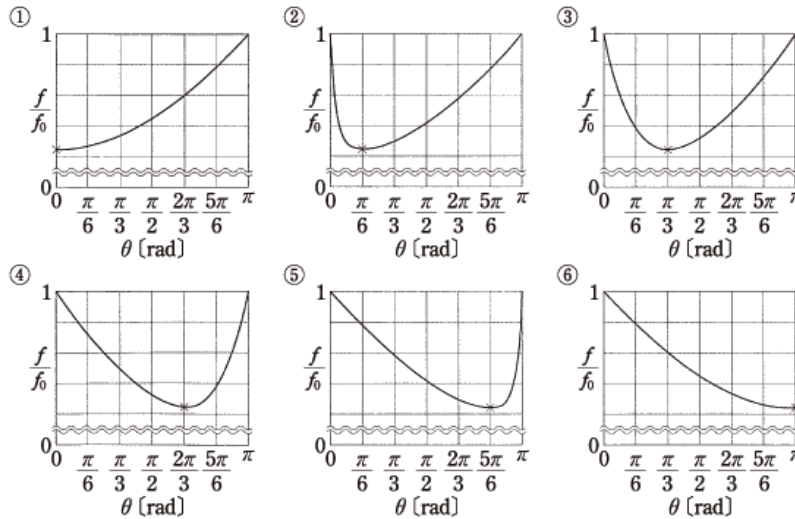


図3

4 次の文を読み、以下の問いに答えよ。(配点比率 工・応生： $\frac{1}{4}$)

電子の比電荷を測定したトムソンの実験の解説に、電子にはたらく重力は電子の速さが大きいために無視できる、という記述があった。この点に疑問を抱いた太郎くんは、電子より約 2000 倍も大きい質量をもつ陽子(水素の原子核)に置き換えて、図 1 のような装置で重力の影響を考えた。陽子を取納した容器と電極板の間に V [V] の電圧をかけると、陽子が水平な z 軸上を点 P に向かって電極板の穴を通り抜ける。この陽子は、点 P を速さ v_0 [m/s] で通過し、強さ E [V/m] の一様な電場がかかる幅 W [m] の水平な平行板電極を通過中に進路が曲げられ、その後、 z 軸に垂直な蛍光面に衝突した。 z 軸との交点を原点 O とし、鉛直下向きを y 軸正方向とする。

重力を無視すると、 y 軸正方向に z 軸から y_1 [m] だけずれた点 Q で飛び出してくる。その後は直進し、 L [m] 離れた蛍光面にさらに y_2 [m] だけずれた点 R で衝突することになる。

いま重力は図 1 の y 軸正方向にはたらくとし、点 R からのずれ Δy [m] をもとに、重力の影響を考察する。なお以下の問いで必要であれば、次の記号および数値を用いよ。

- 真空中の光速 $c = 3.0 \times 10^8$ m/s
- 電気素量 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C
- 電子の質量 $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
- 陽子の質量 $m = 1.7 \times 10^{-27}$ kg
- 重力加速度 $g = 9.8$ m/s²

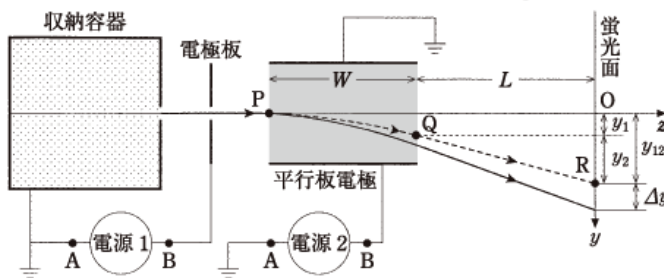


図 1

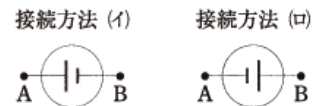


図 2

問 1 質量とエネルギーの等価性にもとづいて、静止している電子のエネルギーの値を、MeV を単位として求めよ。なお、 $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$ である。

問 2 電源 1 および電源 2 は、図 2 のように 2 種類の接続方法が可能である。図 1 のように陽子が蛍光面上の $y > 0$ に到達するためのそれぞれの電源の接続方法を選び、記号(i)または(ii)で答えよ。

問 3 取納容器から点 P までは、短距離であるため重力の影響を無視する。点 P における陽子の速さ v_0 を、 m, e, V を用いて表せ。

問 4 電源 1 の電圧 V を 1.0×10^4 V として、 v_0 の値を求めよ。

問 5 y_1 および y_2 を、 m, e, E, v_0, W, L から必要なものを用いて表せ。

問 6 点 P と蛍光面の間における重力の影響を考慮すると、図 1 の実線のように蛍光面上の到達点は Δy だけずれるはずである。 $y_{12} = y_1 + y_2 = \frac{eEW(W+2L)}{2mv_0^2}$ として、比 $\frac{\Delta y}{y_{12}}$ を m, e, E, g, W, L を用いて表せ。

太郎くんは、 $E = 100$ V/m, $W = L = 1$ m などと適当な数値を入れて $\frac{\Delta y}{y_{12}}$ を求めると、約 10^{-9} という値を得て、重力の影響が確かに小さいことを理解した。そこで、このように影響が小さくなる原因を、問 4 で求めたように平行板電極に飛び込む陽子が非常に高速であり、 v_0 が大きいゆえに重力の影響を受ける時間が短時間だからであると、まず太郎くんは考えた。しかし $\frac{\Delta y}{y_{12}}$ の式を見ると、 v_0 は含まれておらず $\frac{\text{①}}{\text{②}}$ に比例している。ここで ① は ③ 力、② は ④ 力であることから、 v_0 が大きいというよりも ③ 力が ④ 力に比べて極めて弱いことが原因であろうと、太郎くんは考えることにした。

問 7 上記文章中の空欄①と②に適する式を、また空欄③と④に適する語句を答えよ。