

群馬大学

物理

問題

2018年度入試

【学部】	医学部
【入試名】	前期日程
【試験日】	2月25日



「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 地球の万有引力による人工衛星と小物体の運動に関する問(1)~(10)に答えなさい。ただし、万有引力定数を G 、地球の質量を M 、地球の半径を R 、人工衛星の質量を m とする。人工衛星は自転することなく運動するものとし、地球以外の天体、地球の大気、地球の自転および公転運動の影響は無視できるとする。また、地球の中心からの距離が、 R に等しい、あるいは、 R より大きい位置にある物体に地球が及ぼす引力は、地球の全質量が地球の中心に集まったとしたときの万有引力に等しい。以下では、地球の中心で静止している観測者が人工衛星と小物体の運動を観測しているものとする。

【I】 地球のまわりを速度の大きさ v で等速円運動している人工衛星に関する問(1)~(6)に答えなさい。ただし、人工衛星の円軌道の半径を r とし、 $r \geq R$ とする。

- (1) 等速円運動をする人工衛星に作用している力の大きさを、 m 、 r 、 v を用いて表しなさい。また、その力の向きを簡潔に記述しなさい。
- (2) 人工衛星に作用している万有引力の大きさを、 G 、 M 、 m 、 r を用いて表しなさい。
- (3) 人工衛星の速度の大きさ v を、 G 、 M 、 r を用いて表しなさい。
- (4) 人工衛星の公転周期 T_0 を、 G 、 M 、 r を用いて表しなさい。
- (5) 人工衛星の力学的エネルギーを、 G 、 M 、 m 、 r を用いて表しなさい。
ただし、地球から無限に遠い位置を万有引力による位置エネルギーの基準にとる。
- (6) 人工衛星の公転周期 T_0 の 2 乗と軌道半径 r の 3 乗の比を、 G 、 M を用いて表しなさい。

【II】 地球のまわりを速度の大きさ v で等速円運動している人工衛星から、小物体を人工衛星の速度の向きへ瞬時に射出する。人工衛星の円軌道の半径を r とし、 $r \geq R$ とする。地球の中心で静止している観測者が観測した射出直後の小物体の速度の大きさは、射出直前の人工衛星の速度の大きさ v の α 倍で、 $\alpha > 1$ とする。小物体は大きさが無視できる物体であり、その自転の影響は無視できる。問(7)に答えなさい。

- (7) α がある値 α_0 より小さいと小物体は地球のまわりを公転するが, α_0 より大きいと小物体は地球から無限の遠方へ飛んでいく。 α_0 を求めなさい。

【Ⅲ】 地表から小物体を水平方向に射出する。小物体は大きさが無視でき, その自転の影響は無視できる。問(8)に答えなさい。

- (8) 小物体が無限の遠方へ飛んでいくようにするために必要な最小の初速度の大きさを, 地表での重力加速度の大きさ g と地球の半径 R を用いて表しなさい。

【Ⅳ】 人工衛星から射出された小物体が地球のまわりを公転運動する場合について, 以下の文章を読み, 問(9), (10)に答えなさい。

地球のまわりの物体の公転運動についても, 太陽のまわりの惑星の公転運動についてのケプラーの法則と同じ以下の法則が成り立つ。

第1法則 物体は地球の中心を1つの焦点とするだ円軌道を描く(図1)。

第2法則 物体と地球の中心を結ぶ線分が一定時間に通過する面積は一定である。すなわち, 面積速度は一定である。

第3法則 物体の公転周期 T の2乗とだ円の半長軸 a の3乗の比は, 物体の質量および軌道によらず一定になる。

$$\frac{T^2}{a^3} = k \quad (k \text{ は定数})$$

なお, 軌道上のある点における物体の面積速度は, 地球の中心と物体を結ぶ線分の長さを d , 物体の速度の大きさを u , 線分と速度がなす角を θ とすると, $\frac{1}{2} du \sin \theta$ と表される(図2)。

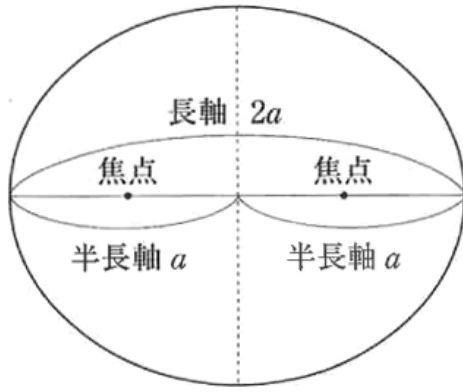


図 1

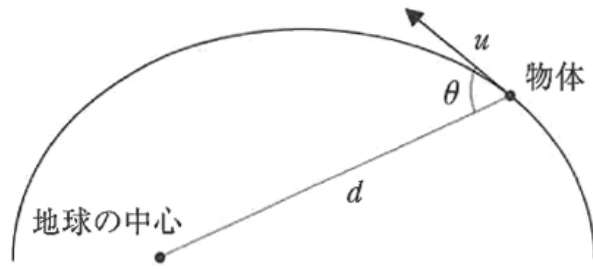


図 2

地球のまわりを速度の大きさ v で等速円運動している人工衛星から、小物体を図 3 の P 点で人工衛星の速度の向きへ瞬時に射出した。人工衛星の円軌道の半径を r とし、 $r \geq R$ とする。地球の中心で静止している観測者が観測した射出直後の小物体の速度の大きさ u_p は、射出直前の人工衛星の速度の大きさ v の β 倍で、小物体の軌道は図 3 のような線分 PQ を長軸とするだ円軌道になった。小物体は大きさが無視できる物体であり、その自転の影響は無視できる。Q 点と地球の中心 O の距離を l とする。

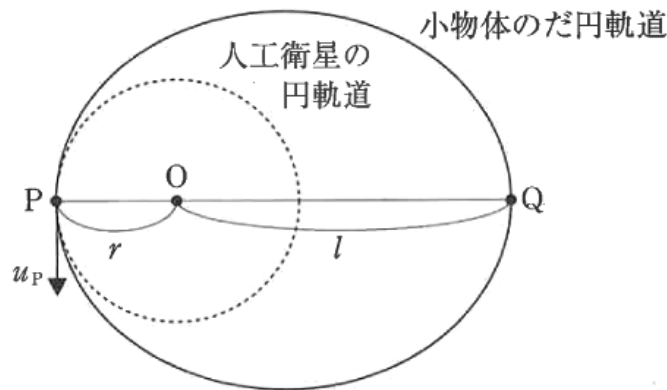


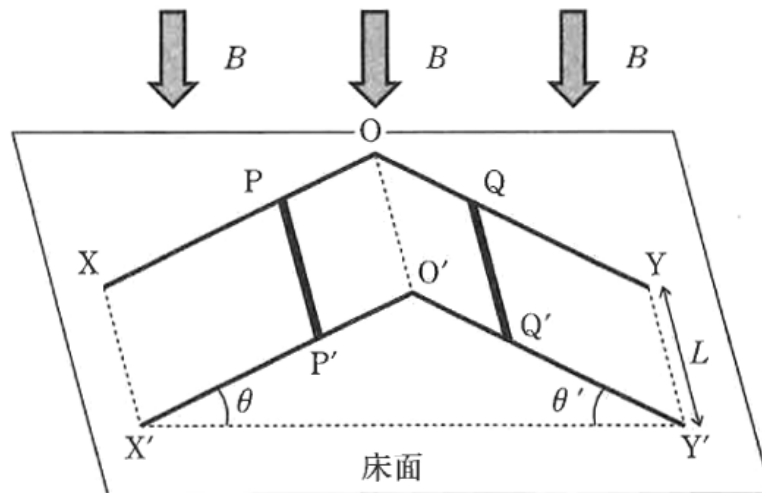
図 3

- (9) β を、 l 、 r を用いて表しなさい。
- (10) 小物体の公転周期を、 G 、 M 、 l 、 r を用いて表しなさい。

2 以下の文章を読み、問(1)~(8)に答えよ。

図のように、磁束密度の大きさが B [T] で鉛直下向きの一様な磁場中に、絶縁体でできた水平な床面があり、この床面上に、長さが等しい一対の導体のレール XOY と $X'O'Y'$ の両端を固定する。2本のレールは、点 O と O' で同じ角度だけ曲がっており、 XO 間の長さ $X'O'$ 間の長さは等しい。点 X, O, Y を含む面と、点 X', O', Y' を含む面は、ともに床面に対し垂直である。点 O, X, X', O' と、点 O, Y, Y', O' は、それぞれ長方形をなし、長方形 $OXX'O'$ と長方形 $OYY'O'$ が床面となす角は、それぞれ角度 θ [rad], θ' [rad] である。ただし $0 < \theta \leq \theta' < \frac{\pi}{2}$ である。また、 XX' 間の距離、 OO' 間の距離、 YY' 間の距離は全て L [m] である。

長さ L [m], 質量 m [kg], 電気抵抗 R [Ω] の金属棒 PP' と、長さ L [m], 質量 m' [kg], 電気抵抗 R' [Ω] の金属棒 QQ' を用意し、両者を OO' の位置で2本のレールに垂直に渡して並べ、同時にそっと手を離すと、金属棒 PP' は XX' 側に、金属棒 QQ' は YY' 側に、ともに初速度 0 m/s で、レールと垂直を保ちながらレール上を滑り落ち始めた。レールは十分に長く、金属棒がレールの端まで達することはないとする。また、空気抵抗、レールと金属棒の間の摩擦、レールの電気抵抗は、全て無視できる。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。以下の問題では回路 $PP'O'Q'QOP$ に生じる誘導電流が作る磁場の影響を無視する。



図

ある時刻において、金属棒 PP' の速度と加速度の OX 方向の成分はそれぞれ v [m/s], a [m/s²] であり、金属棒 QQ' の速度と加速度の OY 方向の成分はそれ

ぞれ v' [m/s], a' [m/s²]であった。ただし v と a は O から X の向き, v' と a' は O から Y の向きを正とし, v , a , v' , a' の値は全て正であった。この時刻における運動に関連して, 問(1)~(3)に答えよ。

- (1) 回路 $PP'O'Q'QOP$ に生じる誘導起電力の大きさを求め, θ , θ' , B , L , v , v' を用いて表せ。
- (2) 金属棒 PP' を流れる電流の大きさを求め, θ , θ' , R , R' , B , L , v , v' を用いて表せ。また, 金属棒 PP' を流れる電流の向きを, 以下の (a), (b) から選び, 記号で解答せよ。
 - (a) P から P' の向き, (b) P' から P の向き
- (3) 次式が, 金属棒 PP' に対する, OX 方向についての運動方程式となるように, 右辺の空欄にあてはまる適切な式を解答せよ。

$$ma = \boxed{\quad}$$

- (4) 十分に時間が経過した後の運動について述べた以下の文章において, 空欄 $\boxed{\text{(ア)}}$ には適切な式を答え, 空欄 $\boxed{\text{(イ)}}$ には, 選択肢(a), (b) からふさわしいものを選び, 記号で解答せよ。

十分に時間が経過したとき, v と v' がともに一定値になるためには, 関係式 $\frac{m}{m'} = \boxed{\text{(ア)}}$ が成り立つ必要がある。したがって, $\boxed{\text{(イ)}}$ の場合には, v と v' が両方とも一定値になることはない。

選択肢 (a) $m < m'$, (b) $m > m'$

続いて, 図において $\theta = \theta'$ となるようにレールを配置した。磁束密度の向きと大きさは変えない。金属棒 PP' と QQ' を, 長さは L のまま, 質量を $m = m'$, 電気抵抗を $R = R'$ のものとした。

金属棒 PP' と QQ' を OO' の位置で2本のレールに垂直に渡して並べ, 同時にそっと手を離すと, 金属棒 PP' は XX' 側に, 金属棒 QQ' は YY' 側に, ともに初速度 0 m/s で, レールと垂直を保ちながらレール上を滑り落ち始めた。レールは十分に長く, 金属棒がレールの端まで達することはないとする。また, 空気抵抗, レールと金属棒の間の摩擦, レールの電気抵抗は, 全て無視できる。

十分に時間が過ぎた後、2本の金属棒の速さは同じ大きさの一定値になった。
この後の金属棒の運動に関連して、問(5)~(7)に答えよ。

- (5) 金属棒の速さを求め、 θ , R , B , L , g , m を用いて表せ。
- (6) 回路 $PP'O'Q'QOP$ で1秒間あたりに発生するジュール熱を求め、 θ , R , B , L , g , m を用いて表せ。
- (7) 重力が2本の金属棒にする仕事の仕事率を求め、 θ , R , B , L , g , m を用いて表せ。

次に、図において $\theta = \theta'$ となるようにレールを配置したまま、磁束密度の大きさを変えずに向きだけを反転させた。金属棒 PP' と QQ' の長さ、質量、電気抵抗は、それぞれ、 L , $m = m'$, $R = R'$ のままとした。

金属棒 PP' と QQ' を OO' の位置で2本のレールに垂直に渡して並べ、同時にそっと手を離すと、金属棒 PP' は XX' 側に、金属棒 QQ' は YY' 側に、ともに初速度 0 m/s で、レールと垂直を保ちながらレール上を滑り落ち始めた。レールは十分に長く、金属棒がレールの端まで達することはないとする。また、空気抵抗、レールと金属棒の間の摩擦、レールの電気抵抗は、全て無視できる。

- (8) この後の2本の金属棒の運動の様子を述べた文として最もふさわしいものを、以下の(a)~(d)から一つ選び、記号で解答せよ。
- (a) 2本の金属棒は、どちらも途中で止まる。
- (b) 2本の金属棒は、十分に時間が過ぎた後、 0 m/s でない同じ速さの等速直線運動をし、その速さは問(5)の正しい答えとは異なる。
- (c) 2本の金属棒は、十分に時間が過ぎた後、 0 m/s でない同じ速さの等速直線運動をし、その速さは問(5)の正しい答えと等しい。
- (d) 2本の金属棒は、どちらも加速度の大きさが 0 m/s^2 でない等加速度運動をする。

3

【I】 x 軸正の向きに進む、振幅 3.0 m 、波長 4.0 m 、振動数 2.5 Hz の正弦波がある。図1は、時刻 $t = 0\text{ s}$ における位置 $x[\text{m}]$ と波の変位 $y[\text{m}]$ の関係を示しており、この時刻において $x = 0\text{ m}$ での変位は $y = 0\text{ m}$ である。この正弦波に関する以下の問(1)~(3)に答えよ。

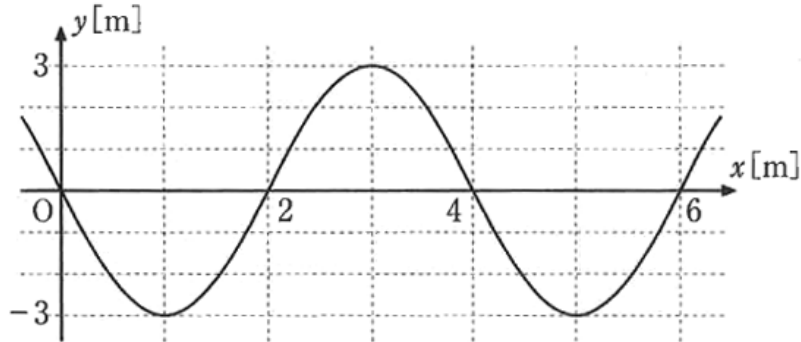


図1

- (1) この正弦波の周期を有効数字2桁で答えよ。
- (2) この正弦波が進む速さを有効数字2桁で答えよ。
- (3) 時刻 $t = 0.5\text{ s}$ における位置 $x[\text{m}]$ と変位 $y[\text{m}]$ の関係を、 $0 \leq x \leq 6\text{ m}$ の範囲について、解答欄のグラフに図示せよ。

【II】 ドップラー効果に関する以下の問(4)に答えよ。

- (4) 次の文章の空欄 ~ に入る適切な式を、文章中に出てくる V , f , v_s , v_o , L のうちの必要なものを用いて表せ。

音源と観測者が一つの直線上をそれぞれ一定の速さで互いに近づいている。音源は時刻 $t = 0\text{ s}$ になるずっと前から音を出し続けており、時刻 $t = 0\text{ s}$ において音はすでに観測者のところまで届いている。音源と観測者の間の距離は十分離れており、音源と観測者がすれ違うことはない。音速を $V[\text{m/s}]$ とし、風は吹いていないものとする。音源の振動数を $f[\text{Hz}]$ 、音源の移動の速さを $v_s[\text{m/s}]$ 、観測者の移動の速さを $v_o[\text{m/s}]$ とし、 v_s , v_o は V に比べて十分小さいとする。

直線上に距離 $L[\text{m}]$ だけ離れた点 P, Q があり、時刻 $t = 0\text{ s}$ に、音源が点 P を、観測者が点 Q をそれぞれ通過したとする。時刻 $t = 0\text{ s}$ に音源

から出た音が点Qに到達する時刻は $t = \boxed{\text{ア}}$ [s] である。時刻 $t = 0\text{s}$ から $t = \boxed{\text{ア}}$ [s] の間に、音源は点Qに向かって $\boxed{\text{イ}}$ [m] だけ進んでおり、また、この間に音源は $\boxed{\text{ウ}}$ 個の波を出している。ゆえに、 $L - \boxed{\text{イ}}$ [m] の距離に $\boxed{\text{ウ}}$ 個の波が含まれていることから、音源の移動する向きに進む音の波長は $\boxed{\text{エ}}$ [m] となる。また、時刻 $t = 0\text{s}$ から $t = \boxed{\text{ア}}$ [s] の間に、点Qには $\boxed{\text{オ}}$ 個の波が届いており、この間に観測者は $\boxed{\text{カ}}$ [m] だけ点Pに近づいている。ゆえに、時刻 $t = 0\text{s}$ から $t = \boxed{\text{ア}}$ [s] の間に観測者が観測する波の数は $\boxed{\text{キ}}$ 個となる。以上より、観測者が観測する音の振動数は $\boxed{\text{ク}}$ [Hz] となる。

【Ⅲ】 ドップラー効果とうなりに関する以下の問(5)に答えよ。

- (5) 図2のように、一つの直線上を音源A、Bが観測者に向かって同じ側から移動しており、また、観測者は音源A、Bに向かって移動している。音源A、Bと観測者の間の距離は十分離れており、音源A、Bと観測者がすれ違うことはない。音源A、Bの移動の速さをそれぞれ 16 m/s 、 14 m/s とし、音源A、Bの振動数はともに 440 Hz とする。また、音速は 344 m/s であり、風は吹いていないものとする。

このとき、観測者は毎秒3.0回のうなりを観測した。観測者の移動の速さを有効数字2桁で答えよ。

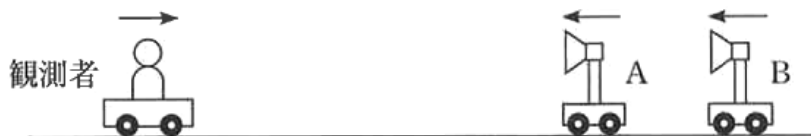


図2