

平成 27 年度入学者選抜学力検査問題

(前期日程)

物 理

学類によって解答する問題が異なります。

指定された問題だけに解答しなさい。

学 域	学 類	解 答 す る 問 題
人間社会学域	学 校 教 育 学 類	I, II, III (3 問)
理 工 学 域	数 物 科 学 類 機 械 工 学 類 電 子 情 報 学 類 環 境 デ ザ イ ン 学 類 自 然 シ ス テ ム 学 類	I, II, III, IV, V (5 問)
医薬保健学域	医 学 類 薬学類・創薬科学類	III, IV, V (3 問)
	保 健 学 類	I, II, III (3 問)

(注 意)

- 1 問題紙は指示があるまで開かないこと。
- 2 問題紙は本文 10 ページであり、答案用紙は、学校教育学類、保健学類は I, II, III の 3 枚、数物科学類、機械工学類、電子情報学類、環境デザイン学類、自然システム学類は I, II, III, IV, V の 5 枚、医学類、薬学類・創薬科学類は III, IV, V の 3 枚である。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入すること。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰ること。

Ⅲ [学校教育学類, 数物科学類, 機械工学類, 電子情報学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 保健学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類]

一辺の長さ a [m] の正形状一巻きコイル $XYZW$ を, 図 3 のように配置した磁石が作る磁束密度 B [T] の一様な磁場中で, 磁場に垂直な軸 OO' を中心軸として, O から O' を見て時計回りに角速度 ω [rad/s] で回転させる。時刻 $t = 0$ [s] で一巻きコイル面は磁場に対して垂直になっている。一巻きコイルには図 3 に示すように抵抗値 R [Ω] の抵抗, 電気容量 C [F] のコンデンサとインダクタンス L [H] のコイルからなる RLC 並列回路が接続してある。一巻きコイルの自己インダクタンスや導線の抵抗, 電磁波の放射は無視できるものとして, 以下の問いに答えなさい。また, 必要であれば下記の公式を用いなさい。

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta,$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta,$$

$$A \sin \alpha + B \cos \alpha = \sqrt{A^2 + B^2} \sin(\alpha + \beta) \quad (\text{ただし } \tan \beta = B/A)$$

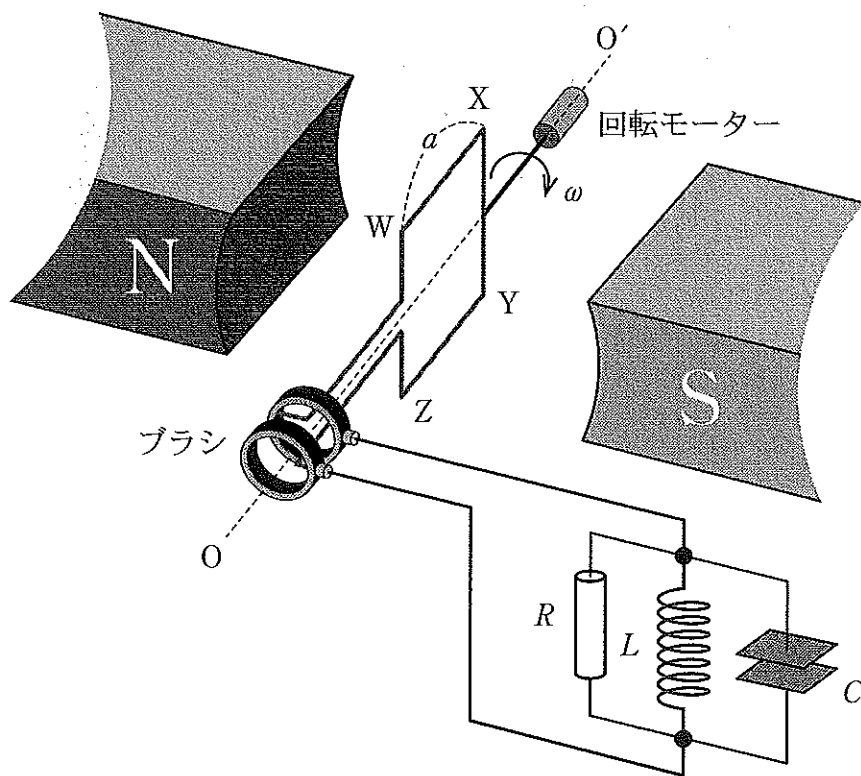


図 3

問 1 時刻 t での一巻きコイルを貫く磁束 $\Phi(t)$ [Wb] を求めなさい。

問 2 時刻が t から $t + \Delta t$ の間に一巻きコイルを貫く磁束の変化量

$\Delta\Phi(t) = \Phi(t + \Delta t) - \Phi(t)$ を求めなさい。ただし、 $\omega\Delta t$ がじゅうぶんに小さ

いとき、 $\sin(\omega\Delta t) \doteq \omega\Delta t$ 、 $\cos(\omega\Delta t) \doteq 1$ となることを用いなさい。

問 3 時刻 t での一巻きコイルに発生する誘導起電力 $V(t)$ [V] を求めなさい。

問 4 時刻が $t = 0$ から $t = \pi/(2\omega)$ の間に一巻きコイルに流れる電流の向きは、

$X \rightarrow Y$ または $Y \rightarrow X$ のどちらになるか答えなさい。

問 5 RLC 並列回路に加わる交流電圧が $V(t) = V_0 \sin \omega t$ のとき、以下の文章中

の に当てはまる語句あるいは式を答えなさい。なお、式は V_0 、 R 、 L 、 C 、 ω のうち必要なものを用いなさい。

抵抗を流れる電流は (1) $\times V_0 \sin \omega t$ [A]、コンデンサを流れる電流は (2) $\times V_0 \sin(\omega t + \phi)$ (ただし、 $\phi > 0$)、コイルを流れる電流は (3) $\times V_0 \sin(\omega t - \phi)$ になる。ここで、 ϕ の大きさは (4) [rad] である。これより、抵抗、コンデンサとコイルを流れる電流の総和は、 $I(t) =$ (1) $\times V_0 \sin \omega t +$ (5) $\times V_0 \cos \omega t$ となる。この式は、 $I(t) =$ $\frac{V_0}{Z} \sin(\omega t + \theta)$ と表すことができ、 $Z =$ (6) [Ω]、 $\tan \theta =$ (7) になる。一巻きコイル XYZW の回転周波数を変化させると、周波数 $f_0 =$ (8) [Hz] で $I(t)$ の振幅は最小になり、この周波数は (9) 周波数と呼ばれる。

Ⅳ [数物科学類, 機械工学類, 電子情報学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類]

水平な摩擦のない床の上に質量 $M[\text{kg}]$ で大きさの無視できる台をおき, 一方の端を壁に固定された質量を無視できる水平におかれたばねにつなぐ。ばね定数を $k[\text{N/m}]$ とする。ばねを自然長から $a[\text{m}]$ だけ伸ばして台から手をはなす。ただし a はばねの自然長より短い。

問 1 台の振動の周期 $T[\text{s}]$ を求めなさい。

問 2 台の速さの最大値 $u[\text{m/s}]$ を求めなさい。

次に, 図 4 a のように台の上に一定の振動数 $f[\text{Hz}]$ の音源をのせる。音源の質量は無視する。ばねの自然長の位置から, 音源の波長やばねの自然長よりじゅうぶん長い距離 $L[\text{m}]$ 離れた位置に観測者がいて, 音源から出た音の振動数を測定する。ばねを自然長から a だけ伸ばして, 時刻 $t = 0 [\text{s}]$ のときに, 音源から音を出すと同時に台から手をはなす。音が空気中を伝わる速さを $V[\text{m/s}]$ とする。以下の問いに答えなさい。必要なら, 台の振動の周期 T , 台の最大の速さ u を用いなさい。ただし, u は V に比べてじゅうぶん小さく, また, 台の振動数は f よりじゅうぶん小さい。

問 3 時刻 $t = 0$ に出た音を観測者が聞く時刻と音の振動数を求めなさい。

問 4 観測者が 1 回目と 2 回目, 2 回目と 3 回目に振動数 f の音を聞く時間の間隔をそれぞれ求めなさい。

問 5 観測者が聞く音の振動数の最大値と最小値を求めなさい。

問 6 観測者が聞く音の振動数が最大となる 2 回目の時刻を求めなさい。振動数が最大となる 2 回目と 3 回目の間の時間を求めなさい。

最後に, 図 4 b のように, 台から音源とばねをはずして, 反射板を取り付けた。振動数 f の音源は反射板から波長に比べてじゅうぶん長い距離 L 離れた観測者の位置におき, 観測者は反射板で反射された音だけを観測する。

問 7 以下の文章が正しい記述になるように の中に式を入れ, () 内の選択肢のいずれかを選び解答欄に○をつけなさい。

反射板が静止しているときには、反射板には1秒間に 個の波が到達し、波長は [m]と表せる。一方、反射板が音速 V に比べてじゅうぶん小さい一定の速さ w [m/s] で観測者に向かって動いているときには、反射板には1秒間に より 個 (多い・少ない) 波が到達する。

時刻 $t = 0$ で音源から音を出し始め、同時に反射板を速さ w で図4 bの右の方向に動かし始めた。観測者は 秒後に振動数 [Hz] の反射音を観測する。この状況で、音源は動かさずに観測者が振動数 f の反射音を聞くためには、観測者は速さ [m/s] で図4 bの(右・左)に動く必要がある。

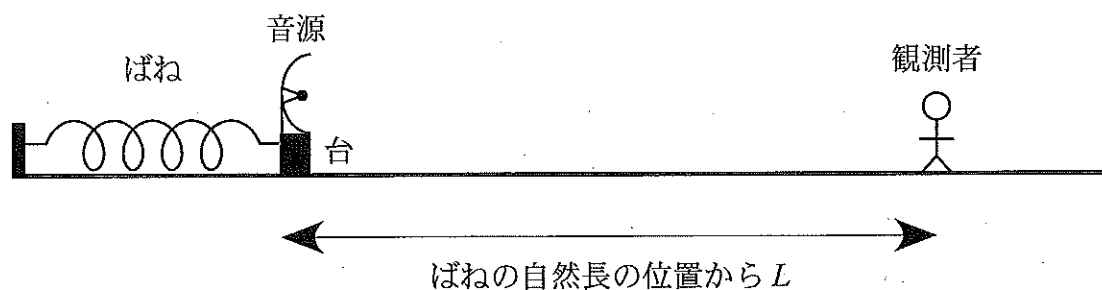


図4 a

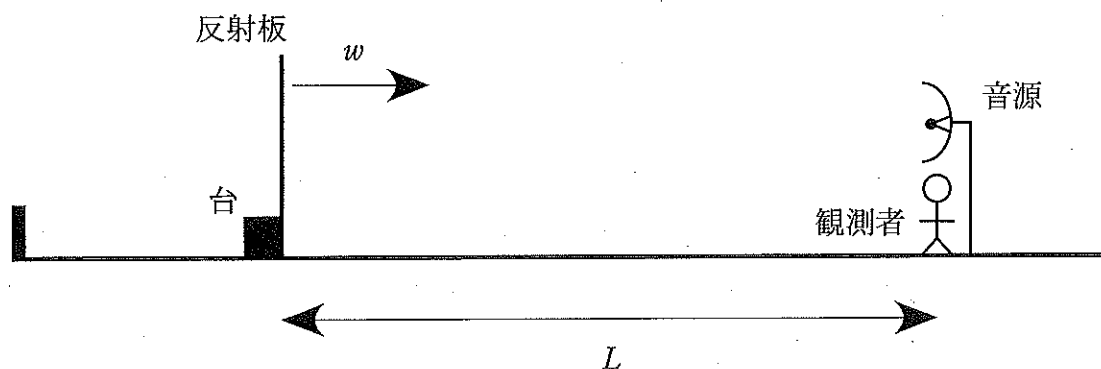


図4 b

V [数物科学類, 機械工学類, 電子情報学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類]

図5 aのように, 水平な床に鉛直に立った棒 A に, 質量の無視できる長さ L [m] の細い棒 B の一端を点 O で結合した。棒 B は点 O から距離 L' [m] の位置で棒 A と針金 C を用いて結合した。針金 C と棒 B のなす角は直角, 棒 B と水平面のなす角は θ [rad] であり, 棒 A を軸として形を保って回転させることができる。棒 B は点 O から L_0 [m] より先の部分で静止摩擦係数 μ を持つが, それ以外の部分ではなめらかである。また, 棒 B には図のように下端を固定されたばね定数 k [N/m] のつまきばねがある。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

穴を開けた質量 m [kg] の物体 m を, 棒 B に沿った点 O から距離 ℓ_0 [m] の位置に固定した。ただし, $\ell_0 < L_0$ で, 物体 m はばねに触れていない。この状態で棒 A を角速度 ω_0 [rad/s] で回転させ, 固定をはずしたところ, 物体 m は棒 B 上の位置を保ったまま等速円運動した。物体 m の大きさは無視できるとする。

問 1 物体 m に働く棒 B に沿った方向と棒 B に垂直な方向の力のつり合いの式を書きなさい。ただし, 棒 B が物体 m に及ぼす垂直抗力を N [N] とする。

問 2 角速度 ω_0 を N を使わずに表しなさい。

問 3 針金 C の張力を N を使わずに表しなさい。

次に物体 m を ℓ_1 ($\ell_1 > L_0$) の位置に固定して回転させ, 固定をはずしたところ, 物体 m は棒 B 上 ℓ_1 の位置を保ったまま等速円運動した。角速度を小さくしていくと, 物体 m はすべり落ち始めた。すべり始めた後, 角速度 ω_1 を保って回転を続けたところ, 物体 m はばねと結合し, その後, 棒 B 上の摩擦のない領域で振動した。

問 4 すべり始める直前の角速度を求めなさい。

問 5 物体 m の振動の周期を求めなさい。

物体 m を ℓ_1 に置き, 角速度 ω で回転させたところ, 物体 m は B 上の位置を保ったまま等速円運動した。物体 m を先端の方向に少しずつずらしたところ, 点 O からの距離がある値を越えたところで物体 m はすべり上がり始めた。その後, 物体 m は棒 B の上端から飛び出し, 床に落ちた。

問 6 すべり上がり始める直前の点 O からの距離を求めなさい。

問 7 物体 m が床に落ちる点を解答欄の黒点の中から選び○で囲みなさい。また、飛び出してから床に落ちるまでの真上から見た軌跡を、実線で図示しなさい。

物体 m と穴を開けた質量 $M[\text{kg}]$ ($m < M$) の物体 M を長さ $a[\text{m}]$ の軽くて伸び縮みしない糸でつないで、図 5 b のように物体 M を上にして棒 B の $\ell_2 + a$ ($\ell_2 + a < L_0$) の位置に固定した。この状態で棒 A を角速度 ω_2 で回転させた。固定をはずしたところ、物体 m は ℓ_2 の位置を、物体 M は $\ell_2 + a$ の位置を保ったまま等速円運動した。物体 M の大きさは無視できるとする。

問 8 角速度 ω_2 を求めなさい。

問 9 この回転状態で糸を切った。切れた瞬間の物体 m, M の棒 B に沿った方向の加速度を ω_2 を用いてそれぞれ求めなさい。ただし、棒 B に沿って上向きを正とする。

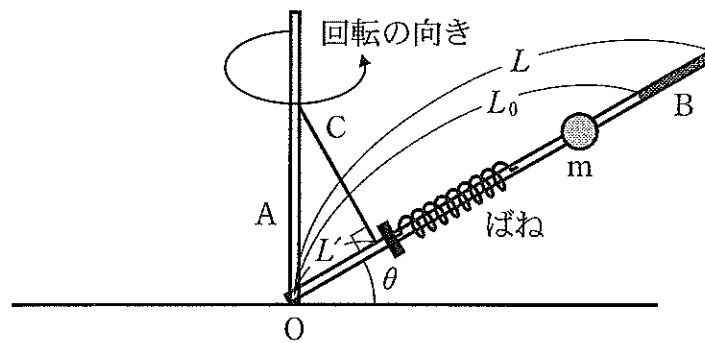


図 5 a

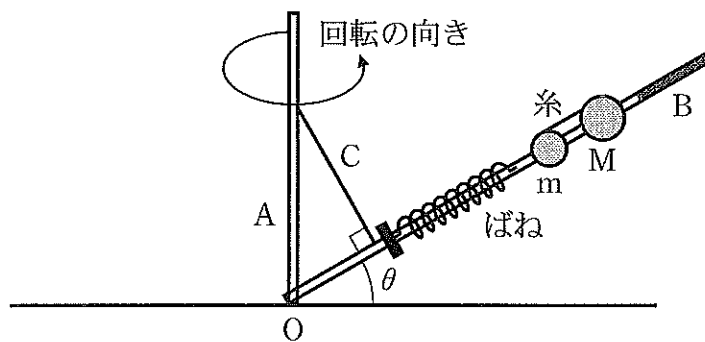


図 5 b