

熊本大学

物理

問題

2019年度入試

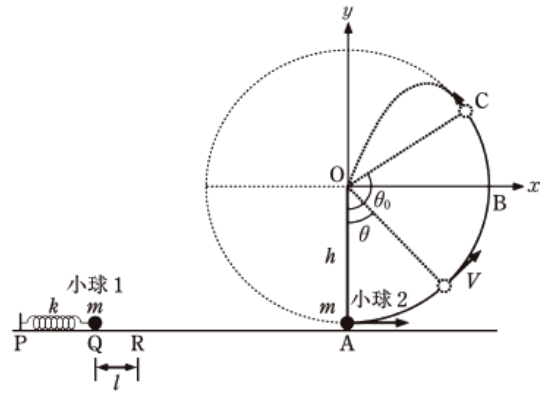
- 【学部】 理学部、医学部、薬学部、工学部
- 【入試名】 前期日程
- 【試験日】 2月25日
- 【試験時間】 医(保健〈放射線技術科学〉)は60分, 他は2科目で120分



「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 図のように、なめらかな水平面の床の上に、ばね定数 k [N/m] のばねの一端が点 P に固定されている。ばねは自然長の状態で、その他端は質量 m [kg] の小球 1 につながって、点 Q で静止している。そのばねの延長上の点 A で床から高さ h [m] の点 O に一端を固定し、他端に同じ質量 m の小球 2 をつけた、長さ h [m] の糸の振り子があり、小球 2 は最下点 A で静止している。ばねと糸の質量は無視でき、重力加速度の大きさを g [m/s²] として、以下の問いに答えよ。ただし、円周率は π とする。



最初に、小球 1 を Q から距離 l [m] だけ離れた点 R まで引っ張り、静かに手を離れたところ、小球 1 は単振動を始めた。

(問 1) この単振動の角振動数 ω [rad/s] と周期 T [s] を k, m を用いて示せ。

小球 1 が単振動を続けていたところ、P から R の向きへ運動しているときに、Q 上で小球 1 がばねから外れ単独で運動を始めた。

(問 2) ばねから外れた瞬間の Q 上の小球 1 の速さ V_0 [m/s] を k, m, l を用いて示せ。

その後、小球 1 は A で小球 2 と弾性衝突し、小球 2 は O と同じ高さの点 B を通過して、A から角度 θ_0 [rad] ($\frac{\pi}{2} < \theta_0 < \pi$) 回転した点 C で糸がゆるみ始めた。

(問 3) 小球 2 が A から角度 θ [rad] ($\theta < \theta_0$) 回転した点での速さが V [m/s] のとき、糸に働く張力 S [N] を m, h, g, θ, V を用いて示せ。

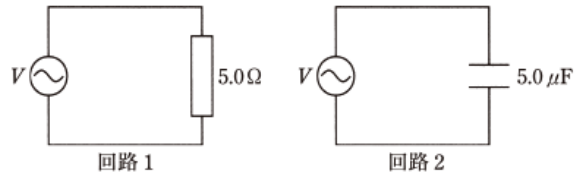
(問 4) C での小球 2 の速さ v_0 [m/s] を h, g, θ_0 を用いて示せ。

C で糸がゆるんだ後、小球 2 が O に到達した。図のように、O を原点、水平方向を x 軸、鉛直方向に y 軸をとる。

(問 5) C の座標 (x_0, y_0) および、小球 2 が C を通過するときの速度 (v_{0x}, v_{0y}) を、 h, θ_0, v_0 のうち必要な記号を用いて示せ。

(問 6) $\cos \theta_0$ の値を求めよ。

2 電圧が $V(t) = V_0 \sin \omega t$ [V] で表せる交流電源に、抵抗やコンデンサーを接続した回路 1 および回路 2 を考える。 V_0 [V] は電圧の最大値、 ω [rad/s] は角周波数(角振動数)、 t [s] は時刻で、導線の抵抗、電源の内部抵抗は無視できるとする。交流電源の周期 T は $10\pi \times 10^{-3}$ s、電圧の実効値は $10\sqrt{2}$ V、回路 1 の抵抗の抵抗値は 5.0Ω 、回路 2 のコンデンサーの電気容量(静電容量)は $5.0 \mu\text{F}$ であった。ただし π は円周率である。以下の問いに答えよ。



(問 1) 回路 2 のコンデンサーの容量リアクタンスを求めよ。

(問 2) 回路 1 の抵抗と回路 2 のコンデンサーが消費する電力の、1 周期での時間平均を、それぞれ求めよ。

(問 3) 回路 1 の抵抗と回路 2 のコンデンサーに流れる電流の時間変化を、図 1 および図 2 にそれぞれ描き、それらの振幅も図中に記入せよ。

(問 4) 回路 1 の抵抗と回路 2 のコンデンサーの消費電力の時間変化を、図 3 および図 4 にそれぞれ描き、それらの最大値も図中に記入せよ。ただし、必要であれば次式を利用してもよい。

$$\cos \theta \times \sin \theta = \frac{1}{2} \sin 2\theta$$

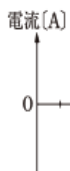


図 1

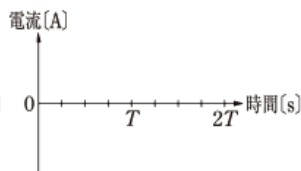


図 2

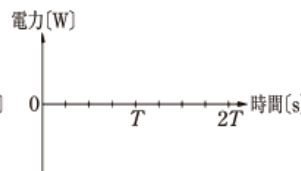


図 3

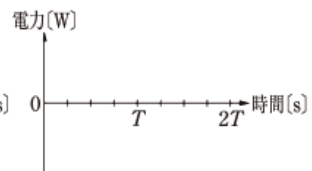


図 4

3 X線の発生装置(X線管)を図1に示す。真空のガラス管の内部に2つの電極を入れ、その電極間に電圧 V [V] をかける。負電位である陰極のフィラメントを熱すると、電子(熱電子)が発生し、それは電圧で加速されて陽極に衝突し、X線が発生する。このX線管から発生したX線の強度と波長の関係(スペクトル)を図2に示した。このスペクトルには、特定の波長に強く現れる特性X線(固有X線) α, β と、波長が連続的に分布する連続X線がある。

電気素量 e を 1.6×10^{-19} C, 光速 c を 3.0×10^8 m/s, プランク定数 h を 6.6×10^{-34} J·s として、以下の問いに答えよ。

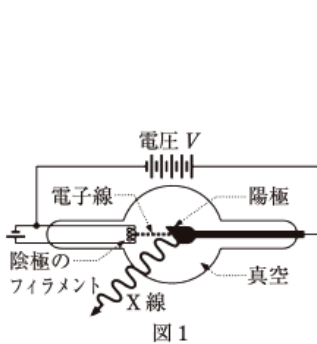


図1

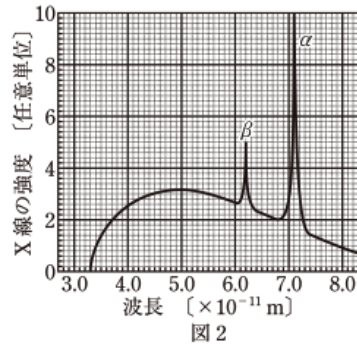


図2

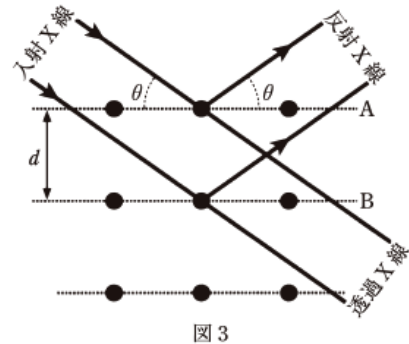


図3

(問1) V の値を求めよ。

原子が配列した面(結晶面) A, B, ... が, d [m] の間隔で積み重なった結晶にX線を入射させると、結晶面でX線が反射される。しかしX線は透過性が高いため、図3のように、AだけでなくBなどでも反射される。ただし、X線の入射角は θ [°] とする。

(問2) Aで反射されたX線と、Bによって反射されたX線の経路差を右上図に図示し、その長さを求めよ。

θ を変えながらX線を入射させると、ある入射角 θ_0 [°] のときに、X線のブラッグ反射が起こる。

(問3) X線の波長を λ [m] として、 θ_0 の条件を正の整数 $n (=1, 2, 3, \dots)$ を用いて表せ。

図2に示したX線スペクトルの中で最も強い特性X線 α を用い、図3の結晶において θ を $0^\circ < \theta < 90^\circ$ の範囲で変化させてX線のブラッグ反射を観測した。その結果、下表の θ_0 でX線のブラッグ反射が観測された。

入射角 θ_0	5.7°	11.5°	17.5°	23.6°	30.0°	36.9°	44.4°	53.1°	64.2°
----------------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

(問4) d の値を求めよ。

運動量をもつ電子にも、X線と同様な波動性がある。

(問5) 質量 m [kg], 初速 0 m/s の電子が、真空中で電圧 V' [V] で加速されたときの運動量とド・ブロイ波長を、 V', h, e, m のうち必要な記号を用いて表せ。