

平成 29 年度入学試験問題

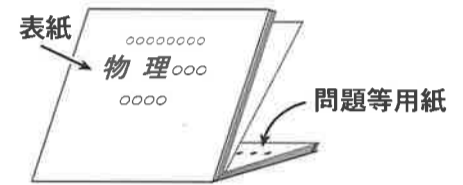
物 理 3 0 1

(前 期 日 程)

(注意事項)

- 1 問題・解答用紙は、係員の指示があるまで開かないこと。
- 2 この表紙を除いて、問題・解答用紙は 3 枚である。
用紙の折り方は図のようになっているので注意すること。
- 3 解答は、問題・解答用紙の指定された解答箇所に書くこと。
表紙の余白と裏面を計算のために用いてもよいが、指定された解答箇所以外に書いたものは採点しない。
- 4 [式と計算]と表示がある箇所には、答えを導く過程で必要な式と計算を書くこと。
- 5 解答開始後、各問題・解答用紙の「受験番号」欄に受験番号をはっきりと記入すること。
- 6 表紙を含め、配布した用紙はすべて回収する。

表紙も問題・解答用紙も全て
表面のみに印刷している。



物 理 3 0 1 その 1

第1問 図1のように、水平な床とそこからの高さが h (m) の水平面が、曲面でなめらかにつながれている。床の上に質量 m (kg) の小物体 A が静止しており、水平面の右端には、質量 m (kg) の小物体 B が、長さ l (m) の伸縮しない軽い糸で水平面に接するように鉛直上方からつるされた状態で静止している。A に大きさが V (m/s) の初速度を水平方向右向きに与えたところ、A は面から離れることなく進んで B に衝突し、B は円弧を描くように動き始めた。糸はたるむことも切れることもなく、摩擦力と空気抵抗は無視できるものとし、また重力加速度の大きさを g (m/s²) とする。以下の問いに答えよ。

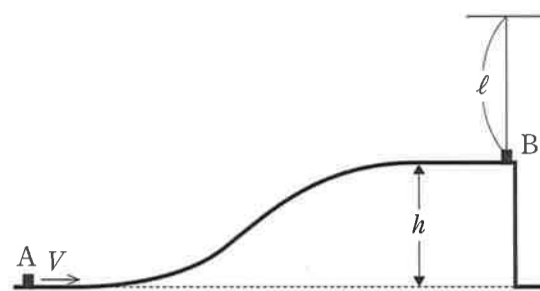


図 1

問 1 A が B の位置に到達するためには、初速度が $V > V_0$ という条件を満たさなければならない。この V_0 (m/s) を求めよ。
〔式と計算〕

答	
---	--

問 2 A と B は弾性衝突をしたとして、衝突直後の A の速さ v_A (m/s) と B の速さ v_B (m/s) を、衝突直前の A の速さ V (m/s) を用いて表せ。
〔式と計算〕

答	v_A	
	v_B	

問 3 図2のように、B をつるす糸と鉛直線のなす角度が θ (rad) のときに B に作用している力(糸の張力および重力)を同図の中に矢印で描き入れ、張力には T と、重力には G と記せ。

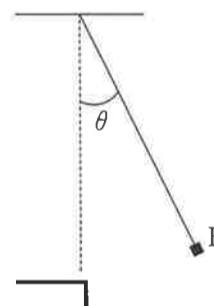


図 2

問 4 問3の状態における B の速さ v_θ (m/s) を、 v_B を用いて求めよ。次に、そのときの B の加速度の糸に平行な成分の大きさ a (m/s²) を、 v_θ を用いて求めよ。
〔式と計算〕

答	v_θ	
	a	

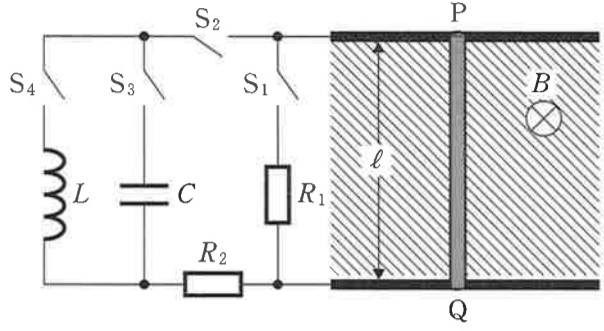
問 5 B が最高点に達した瞬間に糸と鉛直線がなす角度を θ_m (rad) とする。この瞬間の糸の張力の大きさ T_m (N) を求めよ。ただし、 θ_m は $\frac{\pi}{2}$ (rad) より小さいものとする。
〔式と計算〕

答	
---	--

小 計	点
-----	---

物 理 301 その2

第2問 右図のように、水平面上に2本の導体レールを間隔 l (m)だけ離して平行に置き、その上に軽くて電気抵抗の無視できる導体棒 PQ を置く。導体棒はレールと垂直を保ちながら、なめらかに動くものとする。図の斜線部分のように、レール間には鉛直下向きの一様な磁束密度 B (T)の磁場がある。レールの左端に、抵抗値 R_1, R_2 (Ω)の抵抗、電気容量 C (F)の平行板コンデンサー、自己インダクタンス L (H)のコイル、およびスイッチ S_1, S_2, S_3, S_4 を図のように接続した。最初、コンデンサーに電荷は蓄えられておらず、スイッチは全て開いた状態とする。導体レールおよび回路の導線の電気抵抗は無視できる。導体レールおよび磁場領域は十分長く、導体棒はレールの端に達することはないものとする。以下の問いに答えよ。



[1] スイッチ S_1 のみを閉じ、導体棒に外力を加えて右向きに一定の速さ v_1 (m/s)で動かす。

問 1 P 端を基準とした Q 端の電位 V (V)を求めよ。また、導体棒が磁場から受ける力の大きさ F (N)を求めよ。

[式と計算]

答	V	
	F	

問 2 導体棒が距離 x (m)だけ進む間に、抵抗値 R_1 (Ω)の抵抗で発生するジュール熱 Q_1 (J)を求めよ。

[式と計算]

答	
---	--

[2] 導体棒を止めて S_1 を開き、 S_2 および S_3 を閉じた。 S_4 は開いたままである。再び導体棒に外力を加えて右向きに一定の速さ v_2 (m/s)で動かすことにより、コンデンサーを充電する。コンデンサーの極板面積は S (m^2)であり、極板間は誘電率 ϵ (F/m)の誘電体で満たされている。コンデンサーの極板は十分広く、極板間の電場は一様であるとする。

問 3 この誘電体に E_{max} (V/m)を超える強さの電場が加わると、誘電体の絶縁が破れてしまう。この現象を絶縁破壊と呼ぶ。絶縁破壊を起こさないためには、導体棒を動かす速さ v_2 がいくら以下である必要があるか。

[式と計算]

答	
---	--

[3] 上記[2]の操作により、コンデンサーが充電され、極板間の電位差が 10 V になった。続いて S_2 を開き、導体棒を取りさり、 S_4 を閉じた。 S_1 は開いたままであり、 S_3 は閉じたままである。電気振動により、コイルに振動電流が生じる。

問 4 S_4 を閉じた直後に、コイルを流れる電流の大きさ I (A)を求めよ。また、 S_4 を閉じた時刻を $t = 0$ s として、コイルを流れる電流の大きさが最初に最大になる時刻 t_{max} (s)を求めよ。 $L = 2.0$ H, $C = 8.0 \mu$ F とし、有効数字 2 桁で答えること。

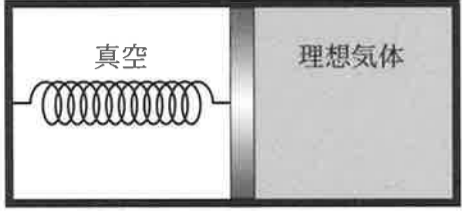
[式と計算]

答	I	
	t_{max}	

小 計	点
-----	---

物 理 3 0 1 そ の 3

第3問 右図のように、水平に固定した断面積 $S(\text{m}^2)$ の十分長い断熱容器になめらかに動く断熱性のピストンをはめて、そのピストンの左側に、ばねを取り付けてある。ピストンの左側と右側は、それぞれ常に気密が保たれている。ピストンの質量は $M(\text{kg})$ 、ばねの質量は無視でき、ばね定数は $k(\text{N/m})$ である。また、重力加速度の大きさを $g(\text{m/s}^2)$ とする。ピストンの左側のばねを取り付けた部分は真空であり、右側には気体定数 $R(\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K}))$ の理想気体が $n(\text{mol})$ 封入されて熱平衡状態にあるものとする。ピストンが静止している平衡状態において、理想気体の圧力は $p_0(\text{Pa})$ 、体積は $V_0(\text{m}^3)$ である。以下の問いに答えよ。



問1 このピストンが静止している平衡状態において、理想気体の絶対温度は[①] [K]であり、ばねは自然長から[②] [m]縮んでいる。[①]と[②]に適切な数式を入れよ。

答	①	②
---	---	---

以下では、断熱容器内の理想気体の圧力や温度はどの瞬間にも一様であるとし、断熱変化においては、理想気体の圧力 $p(\text{Pa})$ と体積 $V(\text{m}^3)$ に対し、正の定数 c があって pV^c が一定であるとする。また、必要ならば、 a の絶対値が十分小さいときに成り立つ近似式 $(1+a)^b \approx 1+ab$ を用いてよい。ここで、 a と b は実数である。

[1] ピストンが静止している平衡状態から、ピストンの位置をゆっくりと少しだけずらしてそっと放すと、ピストンは左右方向に振動する。この振動は、ほぼ単振動と見なせる。

問2 ピストンが静止していた位置から右に $x(\text{m})$ 移動しているときの理想気体の圧力 $p_x(\text{Pa})$ を求めよ。
〔式と計算〕

答	
---	--

問3 この圧力とばねがピストンに及ぼす力を考えて、この振動の周期 $T(\text{s})$ を近似的に求めよ。
〔式と計算〕

答	
---	--

[2] ピストンが静止している平衡状態から、ばねが上になるように、この理想気体が封入された断熱容器をゆっくりと鉛直に立てて固定すると、ばねが少しだけ伸びて、ピストンの位置が変化して静止した。

問4 その際にばねが伸びた分の長さ $l(\text{m})$ を近似的に求めよ。
〔式と計算〕

答	
---	--

問5 このピストンの静止状態から、ピストンの位置をゆっくりと少しだけずらしてそっと放すと、ピストンは上下方向に振動する。この振動も、ほぼ単振動と見なせる。その周期は、問3における周期{A:より短い, B:と等しい, C:より長い}。A, B, Cから適切なもの一つを選択せよ。

答	
---	--

小計		点
----	--	---