

令和5年度入学試験問題

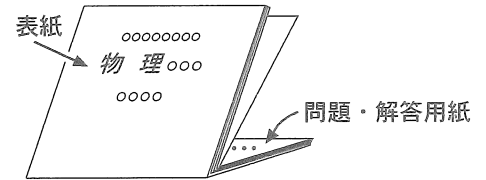
物 理 301

(前 期 日 程)

表紙も問題・解答用紙もすべて
表面のみに印刷している。

(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、問題用紙は3枚(その1～3)、解答用紙は3枚(その1～3)である。



- 3 解答は、解答用紙の指定された[式と説明]の表示がある箇所と答の欄に書くこと。
表紙・問題用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 [式と説明]の表示がある箇所には、答えを導く過程で必要な式と説明を簡潔に書くこと。
- 5 解答開始後、各解答用紙の「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、配付した用紙はすべて回収する。

物 理 301 問題用紙 (その1)

第1問 水平に距離 $2d$ だけ離れた小さく軽いなめらかな定滑車 P, Q がある。糸は十分に長くて軽く、伸び縮みせず、たるまないものとする。空気抵抗は無視できるものとし、重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えよ。

[1] 糸の両端にそれぞれ質量 M_1, M_2 のおもり、糸の中ほどに質量 m の小球 A をつけ、図1のように定滑車 P, Q にかけて、質量 M_1, M_2 のおもりと小球 A が静止する位置を見つけた。このとき、PA 間の糸と水平面のなす角が θ_1 、QA 間の糸と水平面のなす角が θ_2 であった。

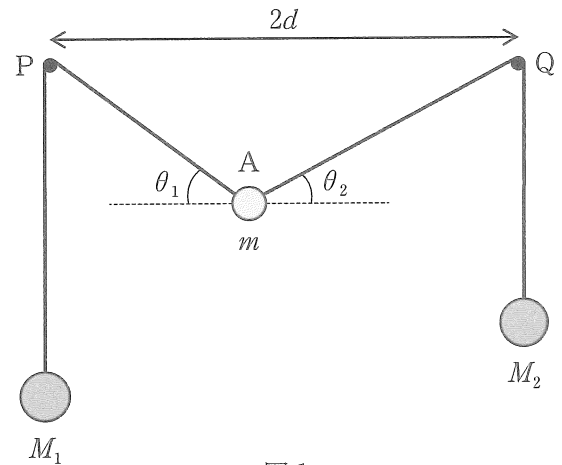


図1

問1 小球 A に働く力について、鉛直方向と水平方向それぞれのつり合いの式をかけ。

[2] 図2のように、糸の両端のおもりをそれぞれ同じ質量 M のものに変えた。このとき、小球 A を定滑車 P と Q の中点 R を通る鉛直線上で運動させることができ、 $\theta_1 = \theta_2 = \theta$ である。

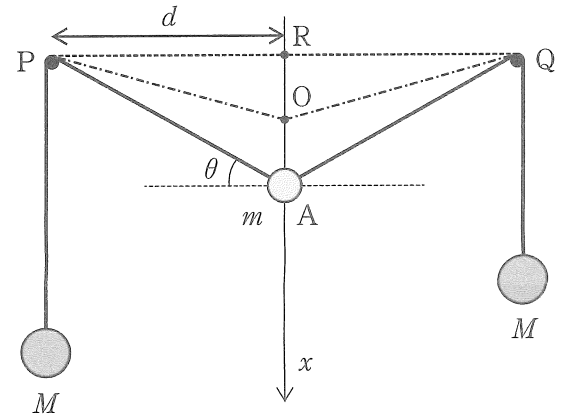


図2

問2 小球 A を点 R から手で支えながらゆっくりと下げ、手を放しても小球 A が静止する点 O を見つけた。点 R と点 O の距離 x_0 が $x_0 = \frac{md}{\sqrt{4M^2 - m^2}}$ と表せることを示せ。

小球 A を点 R で静かに放すと、小球 A および両端のおもりはそれぞれ鉛直線上で振動し始めた。

問3 力学的エネルギー保存則を用いて、小球 A の最下点と点 R の距離 x_1 が $x_1 = \frac{4Mmd}{4M^2 - m^2}$ と表せることを示せ。

問4 $M \gg m$ のとき、 θ は十分小さく、小球 A の運動は点 O を中心とする単振動とみなせる。点 O を原点とし、鉛直下向きを x 軸の正の向きとする。

(a) 小球 A に働く力は、その座標 x を用いて $-cx$ と表せる。定数 c を求めよ。必要であれば、近似式 $\sqrt{4M^2 - m^2} \doteq 2M$, $\sin \theta \doteq \tan \theta$ を用いよ。

(b) 小球 A の振動の周期を求めよ。

物 理 301 問題用紙 (その2)

第2問 図1(a)のような辺の長さが l の正方形 $abcd$ からなる1回巻きのコイルを、均一な磁束密度 B の中におき、磁力線に垂直な軸のまわりに、一定の角速度 ω で正の向きに回す。コイルの両端はそれぞれリング状の電極 p と q を通して、常に抵抗 R とつながっている。このとき、コイルは回転するが、リング状の電極と抵抗は静止したままである。図1(b)と(c)は回転軸に沿って見たコイルと磁力線である。図のように、コイルの面と磁場 B の角度 θ は、時刻 $t = 0$ のとき $\theta = 0$ 、時刻 $t = t_0$ のとき $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ であった。以下の問いに答えよ。

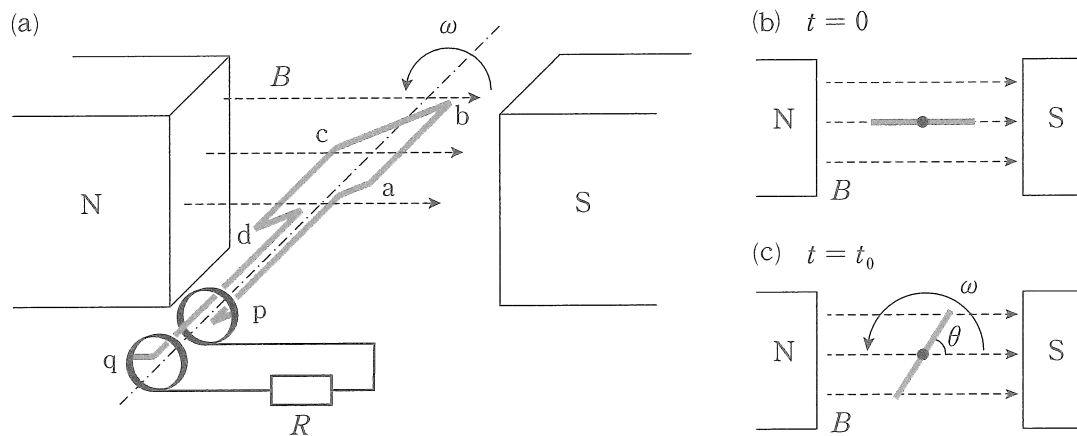


図1

[1] 各辺に生じる誘導起電力を考えることで、 pq 間に発生する誘導起電力を考える。答えには l, B, ω, t のうちから必要な記号を用いよ。

問1 辺 ab 部分の速さを表せ。

問2 時刻 t における辺 ab 部分に生じる誘導起電力の大きさを表せ。

問3 時刻 t における各辺に生じる誘導起電力を足し合わせることで、 pq 間に発生する誘導起電力 V の大きさを表せ。

[2] ファラデーの電磁誘導の法則を考えることで、 pq 間に発生する誘導起電力を考える。答えには l, B, ω, t のうちから必要な記号を用いよ。

問4 時刻 t におけるコイルを貫く磁束 Φ を表せ。

問5 時刻 t におけるコイルに生じる誘導起電力 V の大きさを表せ。ただし、必要であれば、次式を利用してよい。

$$\frac{\Delta \sin \omega t}{\Delta t} = \omega \cos \omega t, \quad \frac{\Delta \cos \omega t}{\Delta t} = -\omega \sin \omega t$$

[3] 抵抗に流れる電流 I と消費電力 P を考える。 p から抵抗を通して q に流れる電流の向きを正とする。

問6 時刻 $t = t_0$ における辺 ab に流れる電流 I の向きを解答欄の図に矢印で示せ。また電流 I によってコイルが磁場からどのような向きの力を受けるか説明せよ。

問7 消費電力の最大値 P_{\max} を l, B, ω, R のうちから必要な記号を用いて表せ。また P と ωt の関係を $0 \leq \omega t \leq 2\pi$ の範囲で解答欄のグラフに図示せよ。

物 理 301 問題用紙 (その3)

第3問 図1のように、なめらかに動くピストン（断面積 S 、質量 M ）を持つシリンダーが水平に置かれている。ピストンおよびシリンダーは断熱材でできており、シリンダー内部の気体は、温度調整器 H により加熱したり冷却したりできる。ピストン、シリンダー、温度調整器の熱容量および温度調整器の体積は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g 、気体定数を R として、以下の問いに答えよ。

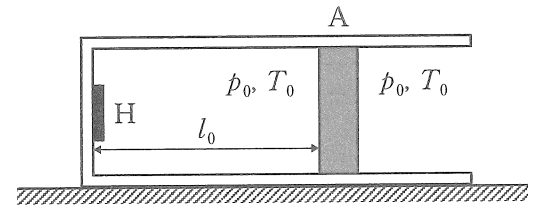


図1

[1] 最初、シリンダー内部には、物質量 1 mol の単原子分子理想気体が、図1のように、外気に等しい圧力 p_0 と温度 T_0 の状態に入っている。ピストンはシリンダーの端から l_0 の位置 A に静止して平衡状態にある。その後、理想気体の温度を T_0 に保ちながら、図2のように、シリンダーをゆっくりと水平面より 30° 傾けたところ、位置 B でつりあって静止した。

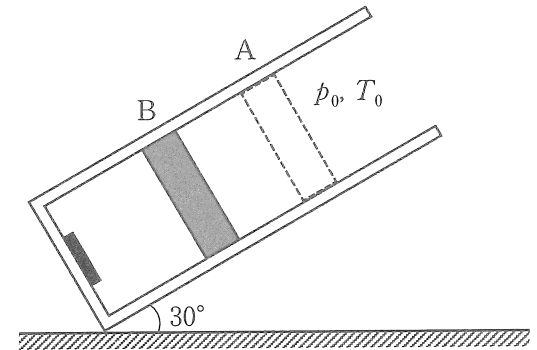


図2

問1 図2のシリンダー内部の理想気体の圧力を求めよ。

問2 シリンダーの端からピストンの静止している位置 B までの長さを求めよ。

[2] 次に、シリンダー内部の理想気体を徐々に加熱して温度を上げ、図2のようにピストンを A の位置まで押し上げたのち、加熱を止めた。加熱によるシリンダーおよびピストンの膨張を無視し、 M 、 l_0 、 g 、 R のうちから必要な記号を用いて、以下の問いに答えよ。

問3 加熱の間に気体がした仕事を求めよ。

問4 加熱による気体の温度変化 ΔT 、内部エネルギーの変化 ΔU および気体が吸収した熱量 Q を求めよ。

[3] 最後に、シリンダーをゆっくりと鉛直に立てた。

問5 シリンダー内部の理想気体の体積、圧力および温度が、[2]の加熱を止めた後の状態からどのように変化するか、理由とともに説明せよ。

物 理 301 解答用紙 (その1)

第1問

問1 [式と説明]

答	(鉛直方向)
	(水平方向)

問2

答	
---	--

問3

答	
---	--

問4

(a) [式と説明]

答	
---	--

(b) [式と説明]

答	
---	--

小計	点
----	---

物 理 301 解答用紙 (その2)

第2問

問1 (式と説明)

答	
---	--

問2 (式と説明)

答	
---	--

問3 (式と説明)

答	
---	--

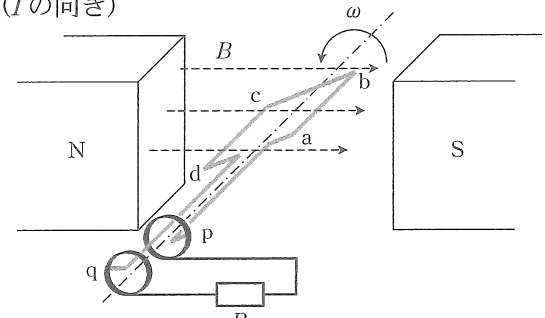
問4 (式と説明)

答	
---	--

問5 (式と説明)

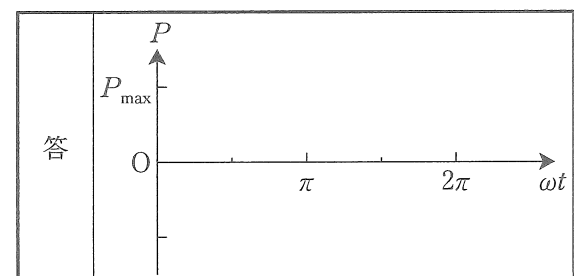
答	
---	--

問6

答	<p>(Iの向き)</p> 	<p>(コイルが受ける力の向きの説明)</p>
---	--	-------------------------

問7 (式と説明)

答	P_{\max}	
---	------------	--



小計		点
----	--	---

物 理 301 解答用紙 (その3)

第3問

問1 (式と説明)

答	
---	--

問2 (式と説明)

答	
---	--

問3 (式と説明)

答	
---	--

問4 (式と説明)

答	ΔT	
	ΔU	
	Q	

問5

答	
---	--

小計		点
----	--	---