

# 奈良県立医科大学 前期

平成 31 年 度

試 験 問 題 ②

## 学 科 試 験

(9時～12時)

### 【注 意】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中をみてはならない。
2. 試験教科、試験科目、ページ、解答用紙および選択方法は下表のとおりである。

教 科	科 目	ペー ジ	解 答 用 紙 数	選 択 方 法
数 学	数 学	1～10	2 枚	数学、英語は必須解答とする。 理科は左の3科目のうちから1科目を選択せよ。
英 語	英 語	11～14	3 枚	
理 科	化 学	15～26	3 枚	
	生 物	27～44	2 枚	
	物 理	45～52	1 枚	

3. 監督者の指示に従って、選択しない理科科目を含む全解答用紙(10枚)に受験番号と選択科目(理科のみ)を記入せよ。
  - ① 受験番号欄に受験番号を記入せよ。
  - ② 理科は選択科目記入欄に選択する1科目を○印で示せ。

上記①、②の記入がないもの、および理科2科目または理科3科目選択した場合は答案全部を無効とする。
4. 解答はすべて解答用紙の対応する場所に記入せよ。
5. 問題冊子の余白を使って、計算等を行ってもよい。
6. 試験開始後、問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせよ。
7. 解答用紙はいずれのページも切り離してはならない。
8. 解答用紙は持ち帰ってはならない。問題冊子は持ち帰ってよい。

## 物 理

【1】 以下の  の中に適当な数、式または記号を記入せよ。

温度と体積を自由に増減させることができる装置に、単原子分子の理想気体  $n$  [mol] を閉じ込めた。最初、気体の体積は  $V_1$  [m<sup>3</sup>]、温度は  $T_1$  [K] であった。図 1 のように、装置に対して 1 から 4 の操作をこの順序で繰り返し行う。

[操作 1] 気体の体積を  $V_1$  [m<sup>3</sup>] のまま温度を  $T_1$  [K] から  $T_2$  [K] に上げる。

[操作 2] 気体の温度を  $T_2$  [K] のまま体積を  $V_1$  [m<sup>3</sup>] から  $V_2$  [m<sup>3</sup>] に増加させる。

[操作 3] 気体の体積を  $V_2$  [m<sup>3</sup>] のまま温度を  $T_2$  [K] から  $T_1$  [K] に下げる。

[操作 4] 気体の温度を  $T_1$  [K] のまま体積を  $V_2$  [m<sup>3</sup>] から  $V_1$  [m<sup>3</sup>] に減少させる。

気体定数を  $R$  [J/(mol · K)] とし、この熱機関について以下の問いに答えよ。

操作 1 では気体の内部エネルギーが

$$\boxed{(1 \cdot 1)} \quad [\text{J}]$$

だけ増加する。このとき気体が外部に行った仕事は

$$\boxed{(1 \cdot 2)} \quad [\text{J}]$$

であり、外部から気体に与えた熱量は

$$\boxed{(1 \cdot 3)} \quad [\text{J}]$$

である。

操作 2 で気体が外部に行った仕事を  $W_2$  [J]、操作 4 で気体が外部に行った仕事を  $W_4$  [J] とする。それぞれを直接計算で求めることは難しいが、これらの仕事の比は温度を用いて

$$\frac{W_4}{W_2} = \boxed{(1 \cdot 4)}$$

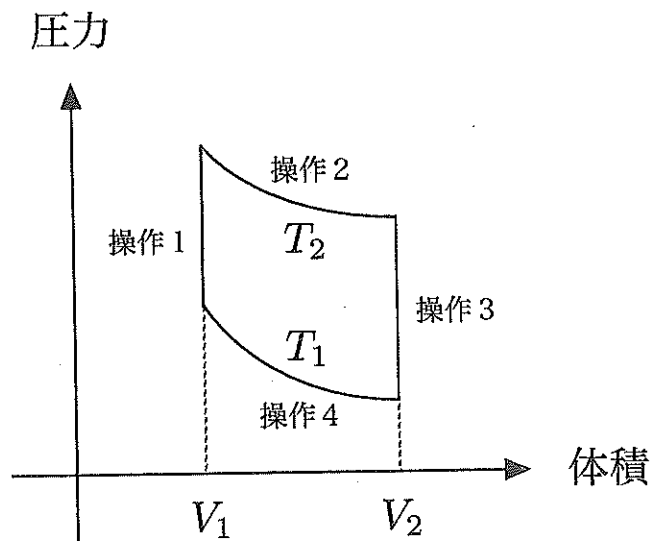


図1

と表すことができる。操作2で外部から気体に与えた熱量は、

- (イ)  $\frac{3}{2}nRT_2$     (ロ)  $\frac{5}{2}nRT_2$     (ハ)  $W_2$     (ニ)  $-W_2$

のうち、

(1・5)

に等しい (適切な選択肢の記号を答えよ)。

温度  $T_1$ ,  $T_2$ , 体積  $V_1$  を一定にして,  $V_2$  を大きくする。このとき, 熱機関の熱効率は、

- (イ) 大きくなる    (ロ) 小さくなる    (ハ) 変化しない

のうち、

(1・6)

がわかる (適切な選択肢の記号を答えよ)。操作1で与えた熱量が操作2で与えた熱量に対して無視することができるくらい小さければ, 熱機関の熱効率は温度によって決まり、

(1・7)

と表される。

【2】 以下の  の中に適当な数または式を記入せよ。

図2のように、水平方向右向きに一定の速度  $V$  [m/s] ( $V > 0$ ) でゆっくりと動くベルトコンベヤーがある。ベルトの上には質量  $m$  [kg] の物体が置かれており、物体はばね定数が  $k$  [N/m] の水平に設置されたばねにつながれている。ばねの他端は固定されており、物体の底面がベルトから離れることはないものとする。物体の大きさは考えなくてよい。物体とベルトの間の静摩擦係数を  $\mu$ 、動摩擦係数を  $\mu'$ 、重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] として以下の問いに答えよ。

ばねが自然長のときの物体の位置を原点  $O$  として、水平方向右側が正になるように  $X$  軸をとる (原点  $O$  から右に  $1$  m の地点の  $X$  座標を  $1$  とする)。

最初の時刻において物体は原点  $O$  にあり、ベルトに対して静止した状態で (付着して) 右方向に運動していたとする。ある時刻に物体がすべり出した。すべり出した時刻における物体の  $X$  座標は

であり、ばねの持つ弾性エネルギーは

[J]

である。

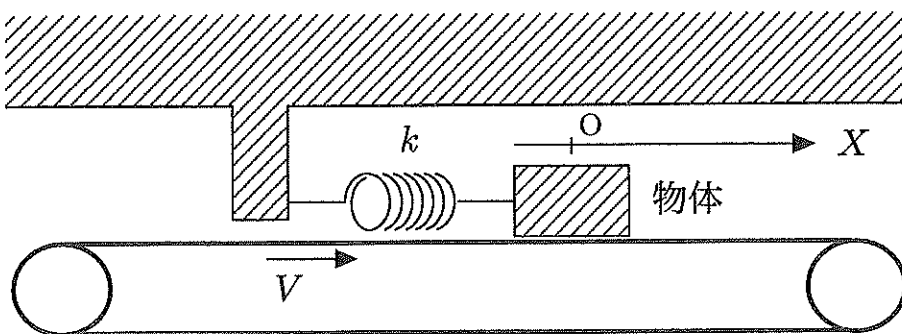


図2 ベルトコンベヤーと物体。

物体がすべっているとき、その  $X$  座標が  $x$  の位置で水平方向に働く力は

$$(2 \cdot 3) \quad [\text{N}]$$

と表される (右向きを正として答えよ).

すべり出した直後、物体は右方向に運動しているが、この物体の運動はある地点を中心とした単振動である。単振動の中心の  $X$  座標は

$$(2 \cdot 4)$$

であり、その角振動数は

$$(2 \cdot 5) \quad [\text{rad/s}]$$

である。

やがて物体は左方向に向きを変え、左の振動端を経て、速度が  $V$  になった時点で (1 周期分の振動をする前に) すべるのをやめて再びベルトに付着する。再びベルトに付着する地点の  $X$  座標は

$$(2 \cdot 6)$$

である。

【3】 以下の  の中に適当な数または式を記入せよ。

地表に、真空中に保たれ、電気量  $Q$  [C] を蓄えた平行板コンデンサーがある。極板は鉛直に置かれ、他の物体と電氣的に絶縁されている。極板面積は十分に広く、極板間隔は十分に小さいものとする。重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] として以下の問いに答えよ。

I) 図 3(a) のように、コンデンサーの極板の間に質量  $m$  [kg] で大きさの無視できる金属球 (以下、小球と呼ぶ) を、長さ  $L$  [m] で質量が無視できる細い糸でつるして静止させた。糸は電気を通さないものとする。

小球に  $q$  [C] ( $q > 0$ ) の電荷を与えたところ、初めの位置より右に  $x$  [m] ( $x > 0$ ) だけ移動してつりあった。糸が鉛直となす角度  $\alpha$  [rad] は小さく、 $\tan \alpha \cong x/L$  としてよい。小球に右方向にはたらく力の大きさは、 $x$ ,  $L$  を用いて

$$\boxed{(3 \cdot 1)} \quad [\text{N}]$$

と表される。これよりコンデンサーの極板間の電界の強さは

$$\boxed{(3 \cdot 2)} \quad [\text{N/m}]$$

であることがわかる ( $x$ ,  $L$  を用いて答えよ)。

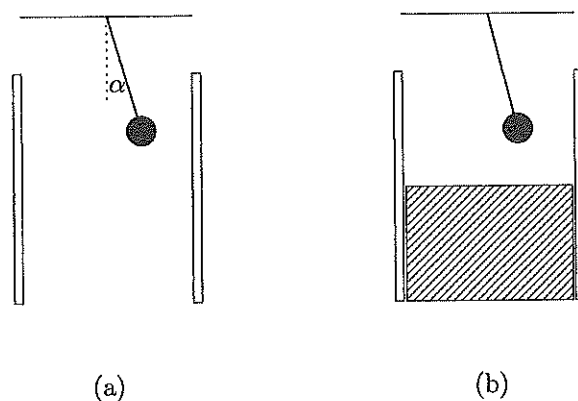


図 3 コンデンサーの極板間につるされた小球。

II) 次に、図 3(b) のように下から比誘電率 3.0 の誘電体を極板の面積の  $1/2$  のところまで挿入した。挿入した誘電体が小球に触れることはなく、小球に力を及ぼすこともないとする。

誘電体を挿入していない部分と挿入した部分に対応した 2 つのコンデンサーが並列に接続されたものとみなしてよい。2 つのコンデンサーの合成容量は、誘電体を挿入する前のコンデンサーの容量の

$$\boxed{(3 \cdot 3)} \quad \text{倍}$$

になる。

誘電体を挿入した部分に蓄えられる電気量は

$$\boxed{(3 \cdot 4)} \quad [\text{C}]$$

であり、挿入していない部分に蓄えられる電気量は

$$\boxed{(3 \cdot 5)} \quad [\text{C}]$$

である。

誘電体を挿入していない部分において、電界の強さは  $(3 \cdot 2)$  の

$$\boxed{(3 \cdot 6)} \quad \text{倍}$$

になる。小球のつりあいの位置は初めの位置から右に

$$\boxed{(3 \cdot 7)} \quad [\text{m}]$$

だけ移動した地点になることがわかる ( $x$  を用いて答えよ)。

【4】 以下の  の中に適当な数または式を記入せよ。

フィゾーは図4のように、回転する歯車と鏡を用いて光の速さを測定する実験を行った。光源を出て半透明鏡 A で反射した光は歯車 B の歯の間を通り、歯車 B から  $L$  [m] の距離におかれた反射鏡 C に到達し、C で反射されて再び B にもどる。

光速を  $c$  [m/s] とすると、光が歯車 B を通過してから再び B にもどってくる時間は  $c$  を用いて

$$\boxed{(4 \cdot 1)} \quad [\text{s}]$$

と表される。

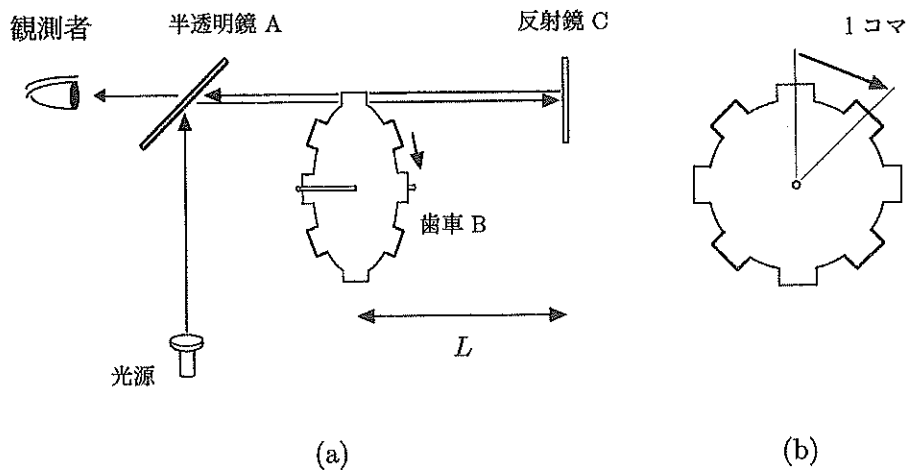


図4 フィゾーの実験。

歯車の歯数を  $N$  個、歯車の回転数を  $n$  [回/s] とすると、歯車の歯が半コマ (図4(b) 参照) 動くのに要する時間は

$$\boxed{(4 \cdot 2)} \quad [\text{s}]$$

である。



歯車の回転数を徐々に大きくしていくと、反射してもどってきた光が歯車の歯に遮られて観測者に届かなくなる。最初に光が観測者に届かなくなったときの歯車の回転数を  $n_0$  [回/s] とすると、回転数が更に大きくなり

$$\boxed{(4 \cdot 3)} \quad [\text{回/s}]$$

のときに観測者は再び反射した光を観測することになる ( $n_0$  を用いて答えよ)。このように回転数の変化に対して明暗が繰り返される。

光速は  $L$ ,  $N$ ,  $n_0$  を用いて

$$c = \boxed{(4 \cdot 4)} \quad [\text{m/s}]$$

のように表される。観測結果は、 $N = 720$ ,  $L = 8633$  [m],  $n_0 = 12.6$  [回/s] であった。これらより、

$$c = \boxed{(4 \cdot 5)} \quad \text{m/s}$$

が得られる (有効数字2桁で計算せよ)。