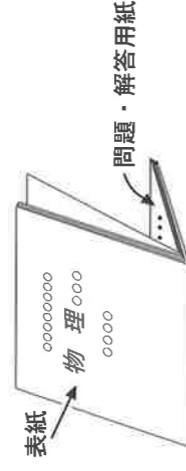


## 平成31年度入学試験問題

# 物 理 301

(前 期 日 程)

表紙も問題・解答用紙も全て  
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・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を書くこと。  
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。

物 理 301 その1

**第1問** 地球を密度が一樣な質量  $M$  の球体とみなし、その中心を  $O$  とする。以下の問いに答えよ。ただし、円周率を  $\pi$ 、万有引力定数を  $G$  とし、地球の自転や公転、空気抵抗、地球以外の物体からの影響は考えなくてよいものとする。

[1] 質量  $m$  の人工衛星が、万有引力によって  $O$  を中心とする半径  $r$ 、速さ  $v$  の等速円運動をしている。

問1  $v$  を  $G, M, r$  を用いて表せ。

[式と計算]

答
---

問2 この人工衛星の公転周期を  $T$  とする。 $T^2$  を  $G, M, r$  を用いて表せ。

[式と計算]

答
---

[2] 質量  $m$  の人工衛星を、図1のような  $O$  を中心とする半径  $4L$  の円軌道にのせたい。そこでまず、 $O$  を中心とする半径  $L$  の円軌道に人工衛星をのせた後、点  $A$  において瞬間的に速さを変化させて、 $O$  を焦点の一つとするだ円軌道にのせかえる。その後、だ円軌道の長軸の反対側の点  $B$  において瞬間的に速さを変化させて、 $O$  を中心とする半径  $4L$  の円軌道にのせかえることにする。ただし、半径  $L$  の円軌道を描いて運動している時の人工衛星の速さを  $v_1$ 、だ円軌道を描いて運動している時の点  $A$ 、点  $B$  における人工衛星の速さをそれぞれ  $v_A, v_B$ 、半径  $4L$  の円軌道を描いて運動している時の人工衛星の速さを  $v_2$  とする。

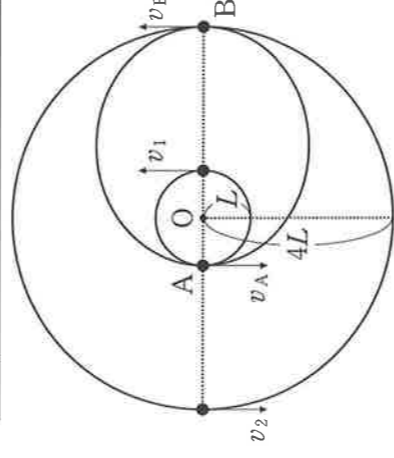


図1

問3  $O$  からの距離が  $x$  の点における万有引力による位置エネルギーは、無限遠点を基準点に選ぶと、 $-G \frac{Mm}{x}$  で表される。

だ円軌道の点  $A$  と点  $B$  における力学的エネルギーが等しいことを表す式を書け。

答
---

問4 だ円軌道に対する面積速度一定の法則より  $\frac{1}{2} L v_A = \frac{1}{2} \times (4L) v_B$  が導かれる。 $v_B$  を  $G, M, L$  を用いて表せ。また、 $v_2$  を  $v_B$  を用いて表せ。ただし、半径  $4L$  の円軌道を描く運動は、万有引力による等速円運動とする。

[式と計算]

答	$v_B$
答	$v_2$

小計	点
----	---

## 物 理 301 その2

**第2問** 一辺の長さが  $a$  の正方形の金属板 2 枚を,  $a$  に比べて十分小さい間隔  $d$  で平行に向かい合わせた平行板コンデンサーが真空中にあり, スイッチ  $S$  を通して電圧  $V$  の電池に接続してある。真空の誘電率を  $\epsilon_0$ , 空気の比誘電率を 1 として, 以下の問いに答えよ。

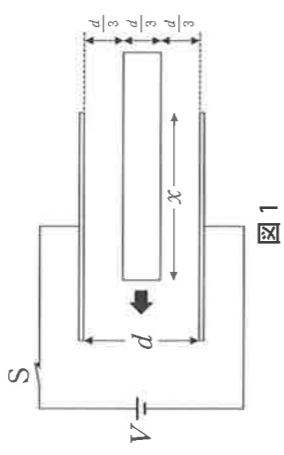


図 1

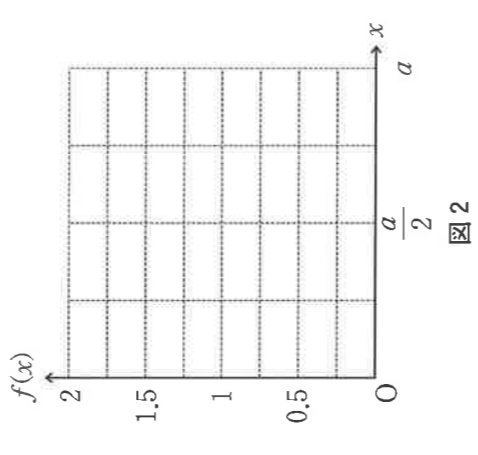


図 2

問 1  $S$  を閉じてコンデンサーを完全に充電した (これを状態 1 とする)。この時, コンデンサーに蓄えられた電気量  $Q_0$  および静電エネルギー  $U_0$  を求めよ。

[式と計算]

答	$Q_0$
答	$U_0$

問 2 状態 1 から  $S$  を閉じたまま, 極板間に極板と同じ面積の正方形で厚さ  $\frac{d}{3}$  の金属板を, 図 1 のように極板と平行にかつ横からはみ出さないように, 矢印の向きにゆっくりとさし入れる。この時, 金属板をさし入れた距離  $x$  ( $0 \leq x \leq a$ ) に対して, コンデンサーに蓄えられる電気量は,  $x$  の関数として  $Q_0 \times f(x)$  と書ける。  $f(x)$  を求めよ。また, 横軸に  $x$ , 縦軸に  $f(x)$  をとったグラフを, 図 2 に実線で記入せよ。

[式と計算]

答
---

問 3 状態 1 から  $S$  を開いた後, 比誘電率が 5 の誘電体が極板間をすき間なく満たす (これを状態 2 とする)。この誘電体は極板と同じ面積の正方形で, その厚さは  $d$  である。この時, コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーを  $U_0$  を用いて表せ。

[式と計算]

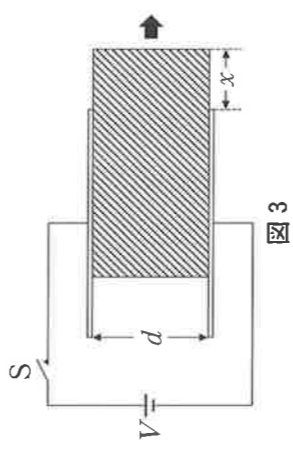


図 3

問 4 誘電体は極板間をなめらかに出し入れできるものとする。状態 2 から, 誘電体を図 3 の矢印の向きに極板から横にはみ出すことなくゆっくりと引き抜いていく。この時, 誘電体を引き抜いた距離  $x$  ( $0 \leq x \leq a$ ) に対して, コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーは,  $x$  の関数として  $U_0 \times g(x)$  と書ける。  $g(x)$  を求めよ。また, 横軸に  $x$ , 縦軸に  $g(x)$  をとったグラフを, 図 4 に実線で記入せよ。

[式と計算]

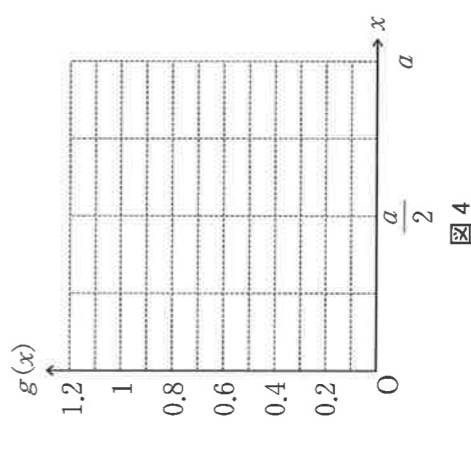


図 4

問 5 問 4 で, コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーの変化が何によって生じたのかを, 50 字以内で答えよ。

答	<div style="display: flex; justify-content: space-between; padding: 0 5px;"> <span>1</span> <span>5</span> <span>10</span> <span>15</span> <span>20</span> <span>25</span> </div>
---	---

小 計	点
-----	---

物 理 301 その3

**第3問** 図1のように、なめらかに動くピストンがついた十分に長いシリンダーの内部に1モルの単原子分子理想気体が閉じ込められている。支点からつり下げられたシリンダーは鉛直面内で傾けることができ、鉛直下向きとシリンダーの軸のなす角を $\theta$ とする( $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ )。シリンダーとピストンは共に断熱材でできており、ピストンの断面積を $S$ 、ピストン面からシリンダーの底面までの距離を $L$ 、シリンダー外部の大気圧を $p_0$ 、気体定数を $R$ 、重力加速度の大きさを $g$ とする。以下の問いに答えよ。

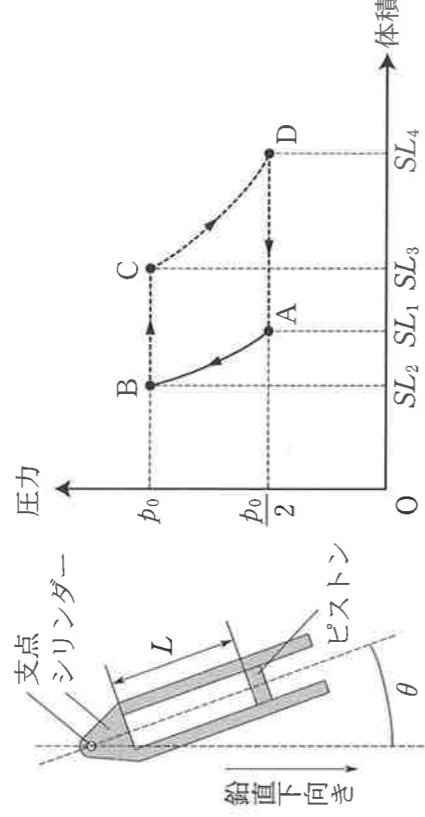


図1

**問1** 最初、シリンダーは鉛直でピストンが下側になっており ( $\theta = 0^\circ$ )、理想気体の圧力は $\frac{p_0}{2}$ で、 $L = L_1$ であった。この状態をAとする。ピストンの質量を求めよ。

[式と計算]

答
---

**問2** その後、シリンダーをゆっくり傾けていった。鉛直下向きとシリンダーの軸のなす角が $\theta$ の時の理想気体の圧力を求めよ。

[式と計算]

答
---

**問3** シリンダーが水平になった時 ( $\theta = 90^\circ$ )、 $L = L_2$ になった。この状態をBとする。状態AからBへの理想気体の断熱変化における圧力と体積の関係は、図2の実線で表される。状態AからBへの変化で、(a)理想気体の内部エネルギーの増加量と(b)理想気体が外部からされた仕事を求めよ。また、この時、理想気体が外部からされた仕事は、図2の中のある領域の面積に対応する。その領域を図2において実線で囲み、斜線で図示せよ。

[式と計算]

答	(a)
答	(b)

**問4** 次に、 $\theta = 90^\circ$ のまま、理想気体をゆっくり加熱すると、 $L = L_3$ になった。この状態をCとする。状態BからCへの理想気体の定圧変化で、(a)理想気体が外部にした仕事と(b)理想気体が吸収した熱量を求めよ。

[式と計算]

答	(a)
答	(b)

**問5** さらに、シリンダーをゆっくり鉛直に戻すと ( $\theta = 0^\circ$ )、 $L = L_4$ となった。この状態をDとする。最後に、理想気体をゆっくり冷却し、状態Aに戻した。つまり、理想気体を状態A  $\rightarrow$  B  $\rightarrow$  C  $\rightarrow$  D  $\rightarrow$  Aと変化させて、最初の状態に戻した。このサイクルを熱機関とみなしたときの熱効率を $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 、 $L_4$ を用いて表せ。

[式と計算]

答
---

小計	点
----	---