

'26

前期日程

物 理

(理 工 学 部)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子は1冊(13頁)、解答用紙は3枚、下書用紙は1枚です。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合には申し出てください。
3. 氏名と受験番号は解答用紙の所定の欄に記入してください。
4. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
5. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子と下書用紙は持ち帰ってください。

1

- 【I】 水平な床の上を運動する、質量 0.5 kg の小物体がある。図 1 のように、水平右向きに x 軸をとる。小物体には、鉛直下向きで大きさ 5 N の重力と、床からの垂直抗力がはたらいており、さらに、 x 軸の負の向きで大きさが 3 N の一定の力が加えられている。また、小物体が床の上を運動しているとき、小物体と床との間には、動摩擦係数が 0.2 の動摩擦力がはたらく。小物体の位置の x 座標を $x[\text{m}]$ とする。空気抵抗の影響は無視できるとして、以下の問(1)～(6)に答えよ。

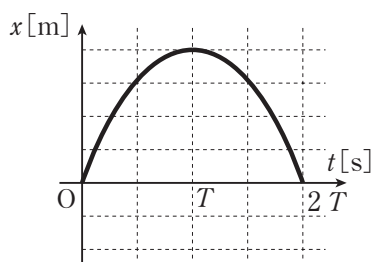


図 1

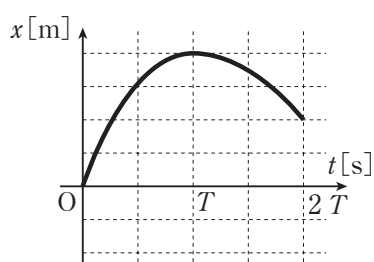
時刻 $t = 0 \text{ s}$ において、小物体は $x = 0 \text{ m}$ の位置にあり、小物体の速度は x 軸の正の向きで大きさが 8 m/s であった。その後、小物体は床の上を x 軸の正の向きに運動し、時刻 $t = T[\text{s}]$ において、 $x = x_0[\text{m}]$ の位置で速度の大きさが 0 m/s となった後、床の上を x 軸の負の向きに運動した。

- (1) 小物体が床の上を運動しているとき、小物体が床から受ける動摩擦力の大きさを、有効数字 1 桁で答えよ。
- (2) 小物体の速度の大きさが 0 m/s となる時刻 T の値を、有効数字 1 桁で答えよ。
- (3) 小物体の速度の大きさが 0 m/s となる位置 x_0 の値を、有効数字 1 桁で答えよ。
- (4) 時刻 $0 < t < 2T$ の範囲について、小物体の加速度の x 成分を、時刻 t の関数として、解答欄のグラフに図示せよ。
- (5) 時刻 $0 < t < 2T$ の範囲について、小物体の速度の x 成分を、時刻 t の関数として、解答欄のグラフに図示せよ。

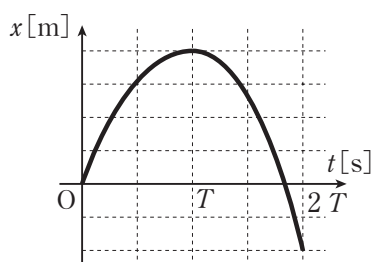
- (6) 時刻 $0 < t < 2T$ の範囲について、小物体の位置 x と時刻 t の関係を表したグラフとして最も適切なものを、図 2 に示す選択肢(あ)～(か)から選び、記号で答えよ。



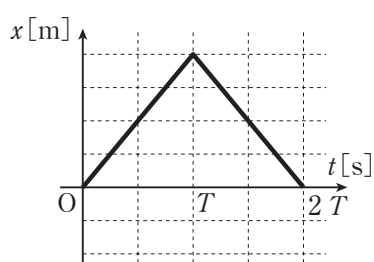
(あ)



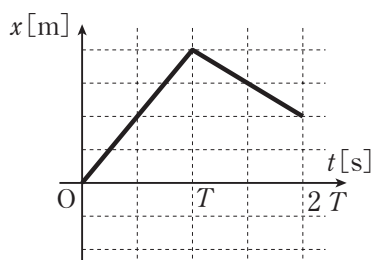
(い)



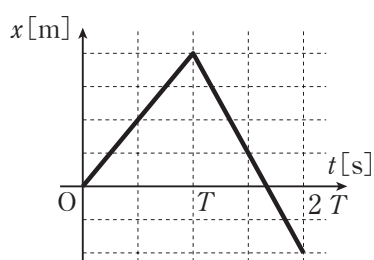
(う)



(え)



(お)



(か)

図 2

- 【Ⅱ】 図3のように、水平から角 θ ($0 < \theta < 90^\circ$)の傾きをもつ斜面が、水平な床と点Pで接続されている。斜面上で点Pから距離 L だけ離れた位置に点Oをとる。質量 m の小物体を、点Oから斜面上方に向けて、斜面に平行に打ち出す運動を考える。小物体と斜面との間には、動摩擦係数が μ' の動摩擦力がはたらく。重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗の影響は無視できるとする。以下の問(7)~(17)に答えよ。

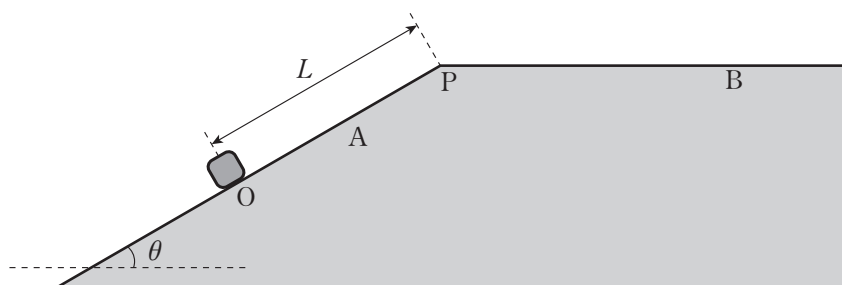


図3

小物体を、点Oから斜面上方に向けて、斜面に平行で大きさ v_0 の初速度で打ち出したところ、小物体は斜面上をすべりながら点Pに向かって運動し、斜面上の点Aで速度の大きさが0となった後、斜面を点Oまですべりおりました。

- (7) 斜面上にある小物体がうける重力を、斜面に垂直な方向と斜面に平行な方向に分解したときの、各方向の成分の大きさを、 m 、 g 、 θ のうち、必要なものを用いて表せ。
- (8) 小物体が斜面上を運動しているとき、小物体が斜面から受ける動摩擦力の大きさを、 m 、 g 、 θ 、 μ' のうち、必要なものを用いて表せ。
- (9) 小物体が斜面上を点Oから点Aに向かって運動しているときの、小物体の加速度の大きさを、 m 、 g 、 θ 、 μ' のうち、必要なものを用いて表せ。
- (10) 小物体が点Oから打ち出されてから、点Aに到達するまでの時間を、 m 、 g 、 θ 、 μ' 、 v_0 のうち、必要なものを用いて表せ。

- (11) 点 O と点 A の間の距離を、 m, g, θ, μ', v_0 のうち、必要なものを用いて表せ。
- (12) 小物体が点 A から斜面下方に向けて運動を開始してから、点 O に到達するまでの時間を、 m, g, θ, μ', v_0 のうち、必要なものを用いて表せ。

次に、小物体を、点 O から斜面上方に向けて、斜面に平行で大きさ v_1 の初速度で打ち出したところ、小物体は斜面上をすべりながら点 P に向かって運動し、点 P を通過した後、空中を運動し、床の上の点 B に着地した。なお、小物体が点 P を通過する直前と直後で、小物体の速度は変わらず、小物体は点 P から速度の大きさ V で、水平と角 θ をなす向きにとび出したとする。

- (13) 小物体が点 O から点 P まで移動する間に、小物体が斜面から受ける動摩擦力が、小物体に対してする仕事の大きさを、 $m, g, \theta, \mu', L, v_1$ のうち、必要なものを用いて表せ。
- (14) 小物体が点 P に到達する直前の、小物体の速度の大きさ V を、 g, θ, μ', L, v_1 のうち、必要なものを用いて表せ。
- (15) 小物体が点 P を通過してから、点 B に着地するまでの時間を、 g, θ, V のうち、必要なものを用いて表せ。
- (16) 小物体が点 P から点 B まで運動する間に、小物体が到達した最高点の水平な床からの高さを、 g, θ, V のうち、必要なものを用いて表せ。
- (17) 点 P と点 B の間の距離が L より大きくなるためには、小物体を点 O から打ち出す初速度の大きさ v_1 が、

$$v_1 > \boxed{\text{ア}}$$

を満たす必要がある。 $\boxed{\text{ア}}$ に入る最も適切な数式を、 g, θ, μ', L のうち、必要なものを用いて表せ。

2

【I】 図1のように、直流電源、スイッチS、抵抗①、抵抗②、抵抗③、抵抗④、可変抵抗からなる回路がある。抵抗①と抵抗②の抵抗値は $1\ \Omega$ 、抵抗③と抵抗④の抵抗値は $2\ \Omega$ であり、可変抵抗の抵抗値は変化させることができる。

可変抵抗の抵抗値を $1\ \Omega$ に調整し、スイッチSを閉じた。スイッチSを閉じて十分な時間が経過した後、bとcの間の抵抗④にはbからcの向きに 2 A の電流が流れ、bとdの間の抵抗②にはbからdの向きに 1 A の電流が流れた。以下の問(1)～(3)に答えよ。

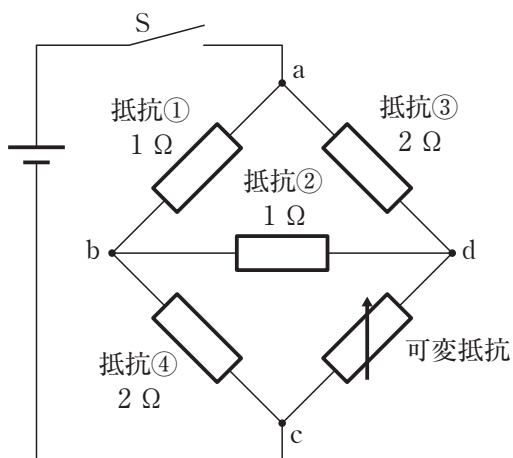


図1

- (1) aとbの間の抵抗①に流れる電流の大きさを答えよ。
- (2) aとcの間の電位差の大きさを答えよ。

次に、可変抵抗の抵抗値を $R_x[\Omega]$ に調整したところ、bとdの間の抵抗②に電流が流れなくなった。

- (3) R_x の値を答えよ。

図2のような、直流電源、スイッチS、抵抗⑤、抵抗⑥、抵抗⑦、抵抗⑧、電気容量 C [F] のコンデンサーからなる回路を考える。抵抗⑤、抵抗⑥、抵抗⑦の抵抗値は R [Ω]、抵抗⑧の抵抗値は $3R$ [Ω] である。スイッチSを閉じて十分な時間が経過した後、aとbの間の抵抗⑤にはaからbの向きに大きさ I [A] の電流が流れた。以下の問(4)～(10)に答えよ。

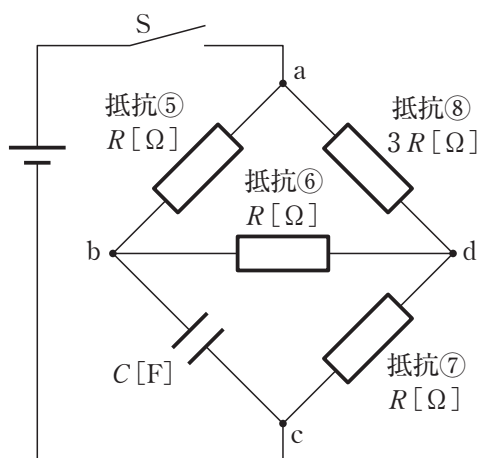


図2

- (4) aとbの間の電位差の大きさ、およびbとdの間の電位差の大きさを、それぞれ I と R を用いて表せ。
- (5) aとdの間の抵抗⑧に流れる電流の大きさを、 I を用いて表せ。
- (6) cとdの間の電位差の大きさを、 I と R を用いて表せ。
- (7) 直流電源の端子電圧の大きさを、 I と R を用いて表せ。
- (8) bとcの間の電位差の大きさを、 I と R を用いて表せ。
- (9) コンデンサーに蓄えられた電気量を、 C 、 I 、 R を用いて表せ。
- (10) 抵抗⑤、抵抗⑥、抵抗⑦、抵抗⑧で消費される電力の合計を、 I と R を用いて表せ。

【Ⅱ】 図3のような、端子電圧 100 V の直流電源、スイッチ S_1 およびスイッチ S_2 、抵抗値 $100\ \Omega$ の抵抗⑨、電球①と電球②からなる回路を考える。電球①と電球②はいずれも、図4のような電流電圧特性をもつものとする。

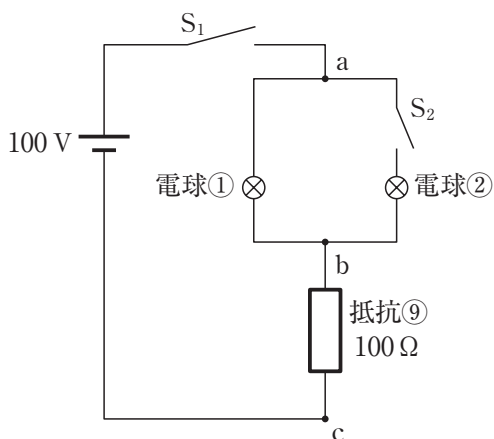


図3

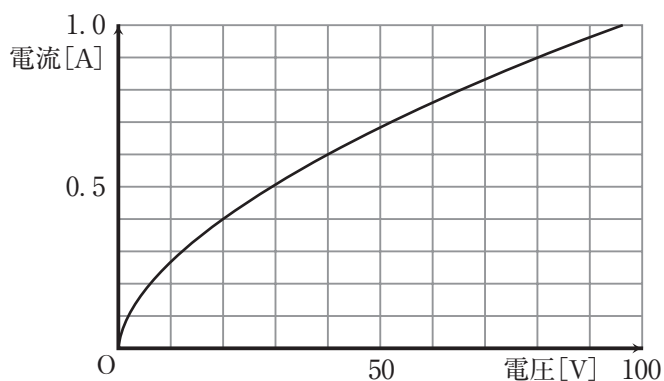


図4

まず、スイッチ S_2 が開いている状態でスイッチ S_1 を閉じた。スイッチ S_1 を閉じてから十分な時間が経過した状態について考える。このときの、点bを基準にした点aの電位を V_1 [V]、電球①を流れる電流の大きさを I_1 [A] とする。以下の問(11)～(13)に答えよ。

(11) V_1 と I_1 の間には、

$$V_1 = \boxed{\text{ア}} - \boxed{\text{イ}} \times I_1$$

という関係式が成り立つ。 $\boxed{\text{ア}}$ および $\boxed{\text{イ}}$ に当てはまる、最も適切な数字をそれぞれ書け。

ここで、図4と問(11)で求めた関係式を用いると、 V_1 と I_1 の値を求めることができる。

(12) V_1 の値として最も適切なものを、問題末尾の選択肢(あ)～(え)から選び、記号で答えよ。

(13) I_1 の値として最も適切なものを、問題末尾の選択肢(お)～(く)から選び、記号で答えよ。

次にスイッチ S_1 を閉じたままスイッチ S_2 を閉じた。スイッチ S_2 を閉じてから十分な時間が経過した状態について考える。このときの、点 b を基準にした点 a の電位を V_2 [V]、電球①を流れる電流の大きさを I_2 [A] とする。以下の問(14)～(17)に答えよ。

(14) V_2 と I_2 の間には、

$$V_2 = \boxed{\text{ウ}} - \boxed{\text{エ}} \times I_2$$

という関係式が成り立つ。 $\boxed{\text{ウ}}$ および $\boxed{\text{エ}}$ に当てはまる、最も適切な数字をそれぞれ書け。

(15) V_2 の値として最も適切なものを、問題末尾の選択肢(あ)～(え)から選び、記号で答えよ。

(16) I_2 の値として最も適切なものを、問題末尾の選択肢(お)～(く)から選び、記号で答えよ。

(17) 電球①、電球②、抵抗⑨で消費される電力の合計として最も適切なものを、問題末尾の選択肢(け)～(し)から選び、記号で答えよ。

(12)および(15)の選択肢：

(あ) 20 V (い) 40 V (う) 60 V (え) 80 V

(13)および(16)の選択肢：

(お) 0.2 A (か) 0.4 A (き) 0.6 A (く) 0.8 A

(17)の選択肢：

(け) 20 W (こ) 40 W (さ) 60 W (し) 80 W

3

【I】 AさんとBさんが会話をしている。以下の会話文を読んで、問(1)～(5)に答えよ。会話中に出てくる魔法びんの構造は図1の通りである。

Aさん お茶をいれようと思ってお湯を沸かしてるけど、Bさんもう？

Bさん ありがとう。後でいれるから、沸かしたお湯は魔法びんに入れておいてくれる？

Aさん わかったよ。ところで、やかんの中を見ていると、お湯が動いてるように見えるね。

Bさん それは、やかんの中のお湯に温度差があって起こる A と呼ばれる現象だよ。

Aさん よしできた。お湯は魔法びんに入れてと。ところで、どうして魔法びんだとお湯が冷めにくいんだろう？

Bさん 魔法びんの構造を知ってる？魔法びんは、内びんと外びんの2重構造になっていて、その間が真空になっているよ。お湯をペットボトルのような容器に入れておくと、お湯の熱は容器の壁面を伝わって、外部の空気へ逃げていくけど、魔法びんは内びんが外部の空気と接触していないから、熱を奪われないよ。

Aさん そうなんだ。でも、真空が熱を伝えないのなら、お湯はまったく冷めずに熱いままなんじゃない？

Bさん 魔法びんは、構造上、どうしても内びんと外びんが一部でつながっていて、そこを通して熱が外びんに伝わってしまう。このように熱が伝わる現象は、B と呼ばれているよ。実際には B だけでなく、熱が電磁波として伝わる C と呼ばれる現象も一緒に起こっていると考えられるね。

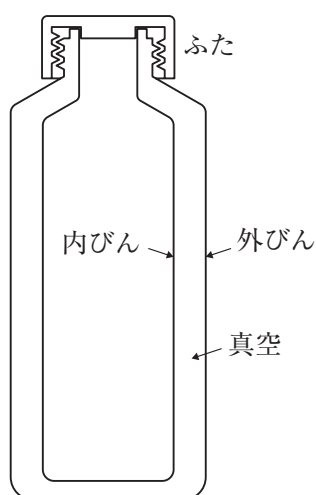


図 1

- (1) 文章中の A ～ C に入る適切な語句を以下の選択肢(ア)～(エ)から選んで記号で答えよ。

(ア) 熱平衡 (イ) 対流 (ウ) 熱放射 (エ) 熱伝導

内びんの温度が T_0 [°C] の空の魔法びんに T_1 [°C] のお湯を投入する。内びんの質量は m [g]、比熱は c [J/(g・K)] であり、お湯の質量は M [g]、比熱は c' [J/(g・K)] である。お湯を入れて十分に時間が経過した後に、内びんとお湯の温度は一定となる。このときの温度を T [°C] とする。ただし、内びんとお湯の間以外の熱のやり取りはないものとし、お湯の蒸発は無視できるものとする。

- (2) お湯を投入してから、内びんとお湯の温度が一定となる間に、内びんがお湯から得た熱量を T_0 , T , m , c を用いて表せ。
- (3) 十分に時間が経過した後の内びんとお湯の温度 T を T_0 , T_1 , m , M , c , c' を用いて表せ。

次に、空の魔法びんを用意し、内びんを 0°C に冷やす。内びんの質量は 200 g 、比熱は $0.50\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ である。この魔法びんに 0°C の氷を入れたのち、お茶を 110 g だけ注ぎ込む。このとき、氷は融解し、お茶は希釈され冷たいお茶になる。お茶の比熱は $4.2\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ であり、希釈されても変化しない。内びん、氷、お茶の間以外での熱のやり取りはないものとし、お茶の蒸発は無視できるものとする。氷の融解熱は $0.33 \times 10^3\text{ J/g}$ とする。

- (4) 温度が 60°C のお茶を注ぎ込む場合を考える。十分に時間が経過した後のお茶の温度を 0°C にするために必要な氷の質量の最小値を有効数字 2 桁で求めよ。
- (5) 魔法びんの中の氷の量が 150 g であるとする。魔法びんに注ぎ込むお茶の温度が 60°C の場合と 90°C の場合の、それぞれについて、十分に時間が経過した後のお茶の温度として最も適切なものを、以下の選択肢(あ)～(う)から選んで記号で答えよ。

(あ) 0°C よりも低い (い) ちょうど 0°C (う) 0°C よりも高い

【Ⅱ】 図2に示すような、なめらかに動くピストン付きのシリンダーに、1 mol の単原子分子理想気体が閉じ込められている。シリンダーとピストンは断熱材でできており、シリンダー内には温度調節器が設置されている。温度調節器は、内部の気体に熱を与えたり、内部の気体から熱を取り去ったりすることができる。気体と温度調節器の間以外の熱のやり取りは考えなくてよい。また、ピストンとシリンダーの間の摩擦は無視できる。

この装置を使って、図3に示す3つの過程を繰り返して状態をゆっくり変化させた。最初に、気体は圧力 p_0 [Pa]、体積 V_0 [m³]、温度 T_0 [K] の状態で閉じ込められていた。この状態を状態 A とする。過程①は等温変化であり、気体の温度を一定に保ったまま体積を V_0 から V_1 [m³] に圧縮して p_1 [Pa] とした。この状態を状態 B とする。過程②は定圧変化であり、圧力を一定に保ったまま体積を V_1 から V_0 に膨張させた。この状態を状態 C とする。状態 C の気体の温度を T_c [K] とする。過程③は定積変化であり、体積を一定に保ったまま温度を T_c から T_0 に変化させて状態 A にもどした。過程①、過程②および過程③において、気体が温度調節器から得た熱量をそれぞれ、 Q_{AB} [J]、 Q_{BC} [J]、 Q_{CA} [J] とする。気体定数を R [J/(mol·K)] とし、温度 T [K] における単原子分子理想気体 1 mol の内部エネルギーは $\frac{3}{2} RT$ [J] である。以下の問(6)～(11)に答えよ。

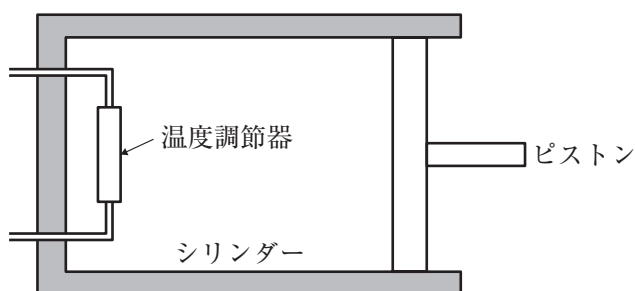


図2

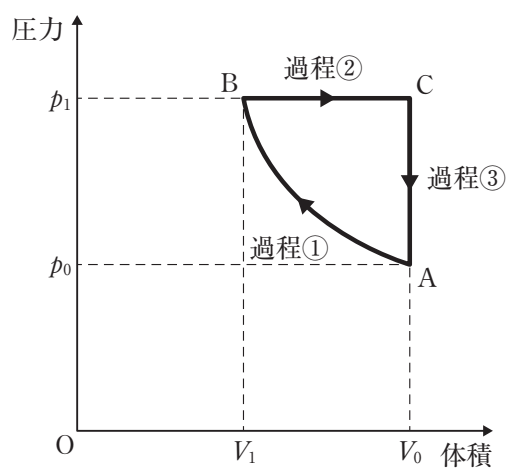


図 3

- (6) 状態 B の圧力 p_1 を、 V_0 , V_1 , p_0 を用いて表せ。
- (7) 状態 C の温度 T_C を、 p_0 , p_1 , T_0 を用いて表せ。
- (8) 過程②において気体が外部からされた仕事を、 V_0 , V_1 , p_1 を用いて表せ。
- (9) 過程②において気体が温度調節器から得た熱量 Q_{BC} を、 V_0 , V_1 , p_1 を用いて表せ。
- (10) 過程③において気体が温度調節器から得た熱量 Q_{CA} を、 V_0 , V_1 , p_1 を用いて表せ。
- (11) 図 3 のサイクルを熱機関とみなしたときの熱効率を、 Q_{AB} , Q_{BC} , Q_{CA} のうち必要なものを用いて表せ。

問 題 訂 正 紙

物理 (理工学部)

注意事項

- 1 試験開始まで、この問題訂正紙の裏を見てはいけません。「解答はじめ。」の指示の後に、訂正の内容を確認してください。
- 2 試験終了後、問題訂正紙は持ち帰ってください。

問 題 訂 正

試験日程 前期日程

試験教科・科目名 物理（理工学部）

問題訂正

問 題

3

ページ 10 の (8) 行目

ページ 11 の (5) 行目

(誤) 熱のやり取りは

(正) エネルギーのやり取りは