

明治大学大学院理工学研究科 物理学専攻 博士前期課程

基礎・専門科目 試験問題

注意事項

- 1 配付された問題・解答用紙は、この表紙を含めて7枚です。他に計算用紙3枚があります。確認してください。
- 2 問題冊子の所定欄（表紙、問題・解答用紙）全てに、受験番号・氏名を記入してください。
- 3 問題は、3問出題されています。3問とも必ず解答してください。
※ 表紙、問題及び解答用紙の所定の欄に、受験番号・氏名を記入してください。

※ 計算用紙は、採点の対象になりません。
- 4 試験時間は、120分です。
- 5 解答欄が足りない場合は、裏面に記入してください。
- 6 配付された問題・解答用紙及び計算用紙は、全て提出してください。

以 上

課 程	受験科目	明治大学大学院理工学研究科 物理学専攻		
博士前期	基礎・専門	受験番号	氏 名	

2026 年度 I 期入学試験 問題用紙

課程	受験科目	明治大学大学院理工学研究科 物理学専攻		
☒ 博士前期 ☐ 博士後期	☐ 英 語 ☒ 基礎・専門 ☐ 小論文	受験番号	氏名	

※解答は別紙の解答用紙に記入すること。

問題 1 以下では真空の誘電率を ϵ_0 , 真空の透磁率を μ_0 とする。

- (1) xyz 空間において, yz 面 ($x=0$) を境にして $x<0$ の領域は導体で占められており, $x\geq 0$ の領域は真空である。真空中の点 $(a, 0, 0)$ には, 正の電気量 q の点電荷が固定されている (図 1)。

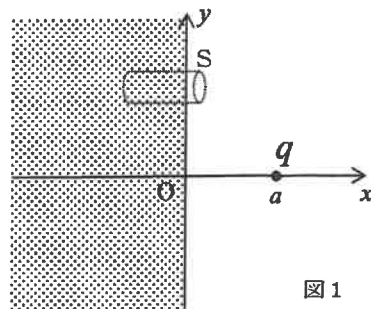


図 1

- a) 次の文章は, 鏡像電荷について説明したものである。括弧内に入れるのに適当な語句や式を下の選択肢から選べ。

導体表面 ($x=0$) には, 静電誘導によって (ア) の表面電荷が現れる。導体内外の電場は, $(a, 0, 0)$ に固定された点電荷と, この表面電荷がつくっている。導体内 ($x<0$ の領域) では電場は 0 である。すなわち導体内部では, 表面電荷がつくる電場は, $(a, 0, 0)$ にある点電荷による電場を完全に打ち消しており, (イ) に置かれた電気量 (ウ) の点電荷がつくる電場と同等である。一方, yz 面上の表面電荷がつくる電場は表面に関して対称になるので, 真空領域では, 表面電荷による電場は (エ) に置かれた電気量 (オ) の点電荷がつくる電場と同等である。したがって, 真空領域の電場を求めるためには, 導体を (カ) に置かれた電気量 (キ) の鏡像電荷に置き換えればよい。

アの選択肢 {正, 負} イ, エ, カの選択肢 $\{(a, 0, 0), \text{原点}, (-a, 0, 0)\}$ ウ, オ, キの選択肢 $\{q, 0, -q\}$

- b) $(a, 0, 0)$ における電位を求めよ。電位の基準は無限遠とする。

- c) 導体表面上 (導体のわずかに外側) で原点から r だけ離れた点における電場 $E_s(r) = (E_s(r), 0, 0)$ を求めよ。

- d) 原点から r だけ離れた点における表面電荷の面密度 $\sigma(r)$ を求めるために, ガウスの法則を用いる。以下の括弧内に適当な式 (数値を含む) を入れよ。

図 1 のように, x 軸から r の距離に中心軸をもつ円柱面 S を考える。右側の底面は導体表面よりわずかに真空側にあり, 左側の底面は導体内部にある。円柱の底面積 ΔS は, その面上での電場が一様とみなせるくらい小さい。閉曲面 S の右側の底面を内側から外側に貫く電場の流束 (電磁力線束) は, 導体表面の電場の成分 $E_s(r)$ を用いて (ア) と書ける。左側の底面を内側から外側に貫く電場の流束は (イ) である。側面の円筒面を内側から外側に貫く電場の流束は (ウ) である。 S 面内に含まれる電荷は (エ) である。よって, ガウスの法則より $\sigma(r) =$ (オ) と求められる。

- e) 導体表面に誘導された全電荷の電気量を求めよ。計算過程や結論に至った根拠を示すこと。

(2) 真空中の定常電流がつくる磁場について, 以下の問いに答えよ。

- a) xy 面上で, 原点を中心とする半径 R の円形コイルに, 大きさ I の電流が図 2 に示した向きに流れている。ビオ・サバールの法則を用いて, 原点における磁場 (磁束密度) B を求めよ。計算の過程も示すこと。

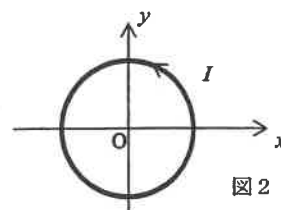


図 2

- b) 図 3 のように, xy 面上に無限に広い薄い導体があり, x 軸の正の向きに一樣な定常電流が流れている。 y 方向の単位長さあたりを流れる電流は i である。磁場は y 成分しか持たず, x, y 座標に依存しないことを示し, xy 面から等しい距離に y 軸に平行な対辺をもつ長方形 ABCD についてアンペールの法則を用いて, 導体の上下の空間の磁場 (磁束密度) B を求めよ。

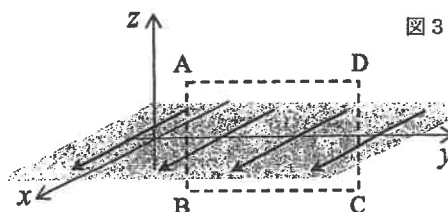
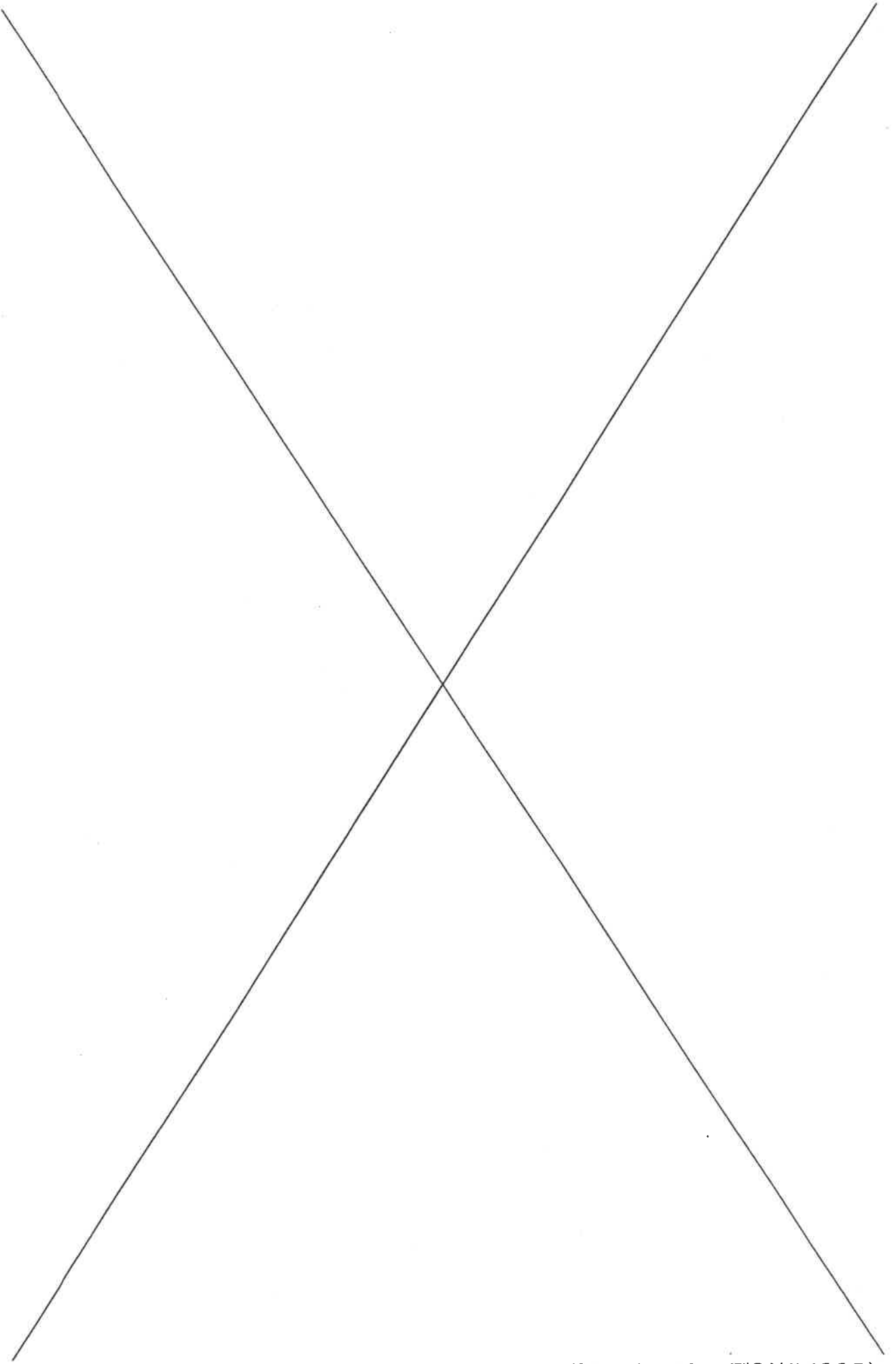


図 3

(こちらには何も記入しないでください。)



2026 年度 I 期入学試験 解答用紙

課程	受験科目	明治大学大学院理工学研究科 物理学専攻		
☒ 博士前期 ☐ 博士後期	☐ 英 語 ☒ 基礎・専門 ☐ 小論文	受験番号	氏名	

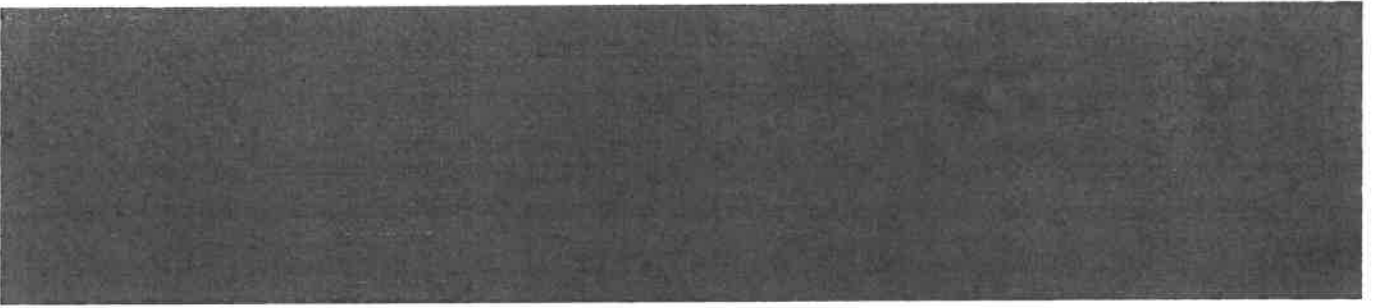
問題 1

解答を続ける場合は、この用紙の裏面に記入すること。

点 数	
-----	--

(裏へ解答を続ける場合はここから書き始めること。)

----- (ここより下に解答を記入しないこと。) -----



2026 年度 I 期入学試験 問題用紙

課程	受験科目	明治大学大学院理工学研究科 物理学専攻		
☒ 博士前期 ☐ 博士後期	☐ 英 語 ☒ 基礎・専門 ☐ 小論文	受験番号	氏名	

※解答は別紙の解答用紙に記入すること。

問題2

長さ L の 1 次元の箱 ($0 \leq x \leq L$) に閉じ込められた質量 m の粒子について考える。粒子の波動関数には周期的境界条件 $\phi(x+L) = \phi(x)$ を課す。

- (1) ポテンシャルがない場合のエネルギーと運動量の同時固有状態について考える。シュレディンガー方程式 $\hat{H}\phi(x) = E\phi(x)$ と運動量演算子の固有値方程式 $\hat{p}\phi(x) = p\phi(x)$ を共に満たす固有波動関数 $\{\phi_n(x)\}$ と、エネルギー固有値 E_n 、運動量固有値 p_n を求めよ。求めた固有波動関数は規格化し、 n の取りうる範囲を明記せよ。
- (2) 求めた固有波動関数の直交性を示せ。
- (3) 微小ポテンシャル $V(x) = V_0 \sin^2\left(\frac{\pi x}{L}\right)$ を考え (V_0 は十分に小さい定数とする)、摂動論によるエネルギー固有値と固有波動関数の一次補正 $E_n^{(1)}$ 、 $\phi_n^{(1)}$ を求めよ。ただし、補正項は

$$E_n^{(1)} = \int_0^L \phi_n^*(x) V(x) \phi_n(x) dx$$

$$\phi_n^{(1)} = \sum_{k \neq n} \frac{\int_0^L \phi_k^*(x) V(x) \phi_n(x) dx}{E_n - E_k} \phi_k(x)$$

により与えられ、 $\phi_n(x)$ 、 E_n はそれぞれ摂動がない場合の固有波動関数とエネルギー固有値である。

次に、 $V_0 = 0$ の場合に、粒子が温度 T の熱浴と熱平衡状態にあるとする。以下ではボルツマン定数を k_B とする。

- (4) (1) で求めたエネルギー固有値 E_n を用いて分配関数の表式を書け。また、高温極限では和を積分に置き換えられることを用いて分配関数を計算せよ。
- (5) 粒子のエネルギーの熱平均値 $\langle E \rangle$ とエネルギーの 2 乗の熱平均値 $\langle E^2 \rangle$ を与える表式を書き、高温極限での値を計算せよ。
- (6) 粒子の定積熱容量がエネルギーの分散 $(\Delta E)^2 = \langle E^2 \rangle - \langle E \rangle^2$ に比例することを示し、高温極限での値を計算せよ。

(こちらには何も記入しないでください。)

—

2026 年度 I 期入学試験 解答用紙

課程	受験科目	明治大学大学院理工学研究科 物理学専攻		
☒ 博士前期 ☐ 博士後期	☐ 英 語 ☒ 基礎・専門 ☐ 小論文	受験番号	氏名	

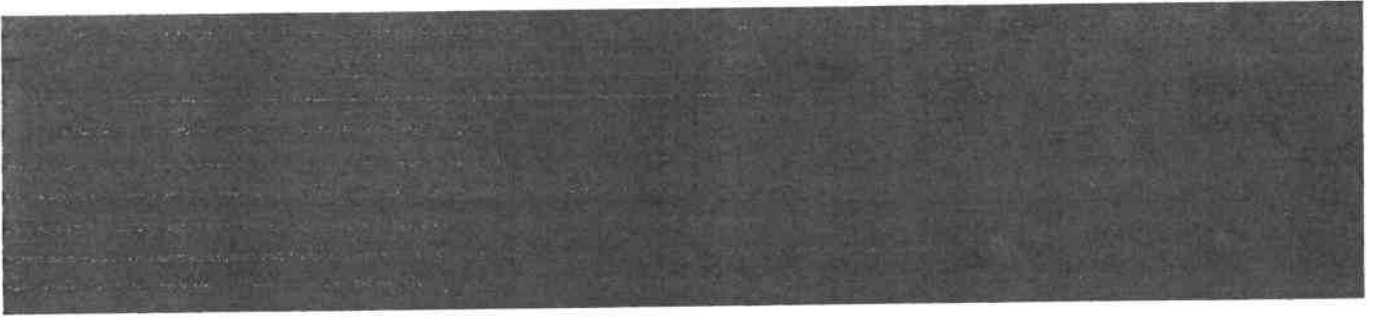
問題 2

解答を続ける場合は、この用紙の裏面に記入すること。

点 数	
-----	--

(裏へ解答を続ける場合はここから書き始めること。)

----- (ここより下に解答を記入しないこと。) -----



2026 年度 I 期入学試験 問題用紙

課程	受験科目	明治大学大学院理工学研究科 物理学専攻		
☒ 博士前期 ☐ 博士後期	☐ 英 語 ☒ 基礎・専門 ☐ 小論文	受験番号	氏名	

※解答は別紙の解答用紙に記入すること。

問題 3

図 4 のように、水平に並べたバネ定数 k の 2 つのバネの一端を固定し、他端に長さ $2h$ 、質量 M の一様な棒振り子を取り付ける。2 つのバネが自然長であるときの棒振り子の支点 P の位置を原点 O とする。水平方向に x 軸、鉛直方向下向きに y 軸を取る。バネは十分に軽く、 x 軸方向にのみ運動する。棒振り子は xy 平面内で微小振動する。支点 P の位置を $(x, 0)$ 、棒振り子と y 軸のなす角を θ とする。重力加速度の大きさを g とし、原点 O を位置エネルギーの基準点とする。

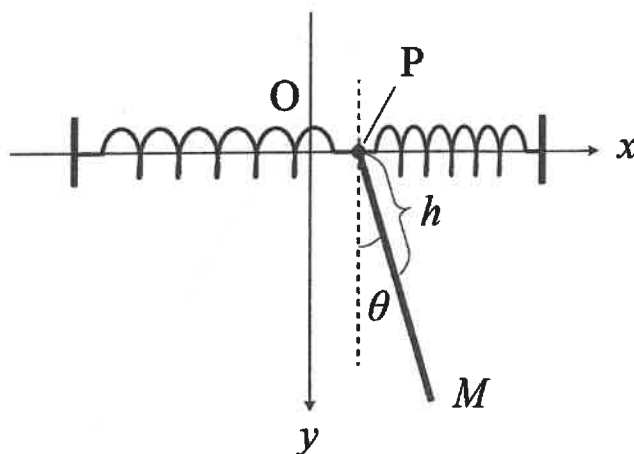


図 4

(1) 棒振り子の重心座標 (x_1, y_1) と、その速度 $\dot{x}_1, \dot{y}_1$ を、 $x, \dot{x}, h, \theta, \dot{\theta}$ を用いて表せ。

(2) 棒の重心まわりの慣性モーメントを I とする。重心まわりの回転運動エネルギーを、 $I, \dot{x}, h, \dot{\theta}$ のうち必要なものを用いて表せ。

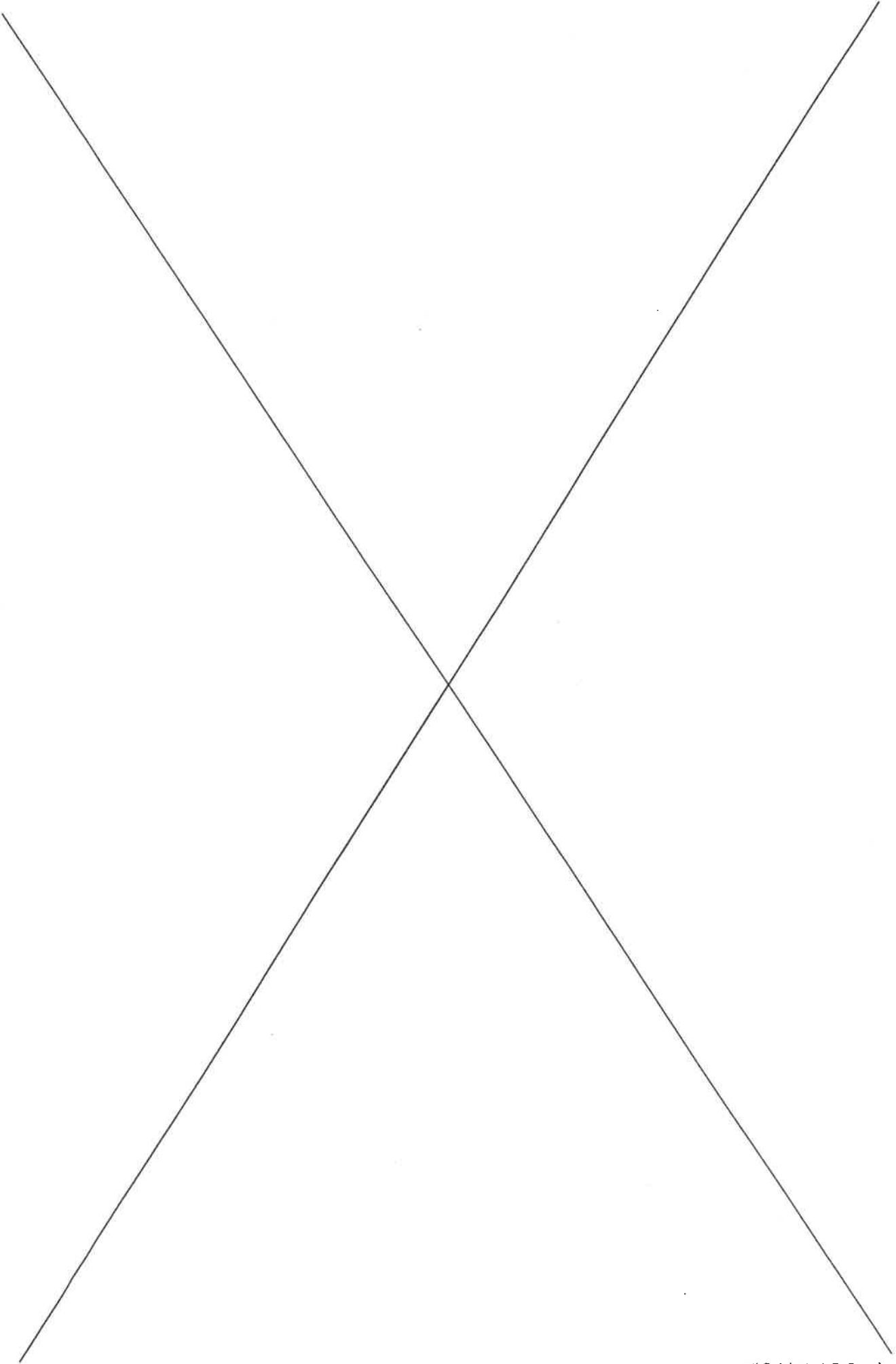
(3) この系の Lagrangian L を書け。

(4) 有効長さ κ_0 を用いて、 $I = M \kappa_0^2$ のように表す。 x, θ に関する Lagrange の運動方程式を $x, \dot{x}, \ddot{x}, h, M, k, \kappa_0, \theta, \dot{\theta}$ のうち、必要なものを用いて表せ。

(5) $\theta, \dot{\theta}$ の 2 次以上の項を無視して、微小振動に対する近似した Lagrangian を求めよ。

(6) 固有振動解 $\theta = Ae^{i\omega t}, x = Be^{i\omega t}$ を仮定し、固有振動数 ω を求めよ。

(こちらには何も記入しないでください。)



2026 年度 I 期入学試験 解答用紙

課程	受験科目	明治大学大学院理工学研究科 物理学専攻		
☒ 博士前期 ☐ 博士後期	☐ 英 語 ☒ 基礎・専門 ☐ 小論文	受験番号	氏名	

問題 3

解答を続ける場合は、この用紙の裏面に記入すること。

点 数

(裏へ解答を続ける場合はここから書き始めること。)

----- (ここより下に解答を記入しないこと。) -----

2026 年度 明治大学大学院理工学研究科 I 期入学試験（物理学専攻）に関するお知らせ

昨年 7 月 19 日に実施しました理工学研究科 I 期入学試験において、下記のとおり問題に不備があることが判明しましたので、その内容と対応措置についてお知らせいたします。

受験生の皆様には、多大なご迷惑をおかけしましたことを深くお詫び申し上げます。

記

1 試験日

2025 年 7 月 19 日（土）

2 試験内容

専攻：物理学専攻

試験科目：「基礎・専門」

3 内容

問題 3 基礎

I 内容

設問(5)において、求める式に関する記述の誤りがあり、設問(5)および(6)の正答を導くことができない出題内容となっております。

II 該当箇所

(5)

☐ 誤 Lagrangian を求めよ

☐ 正 Lagrange の運動方程式を求めよ

III 対応措置

受験生全員について、設問(5)、(6)は正解といたします。

以 上

2026 年 7 月 7 日
理 工 学 部 事 務 室