



未来のエスキースを描く。

東北工業大学

2024年度入学試験問題

B

理 科 (100点 60分)

	ページ	問題数
物理	1~14	4 問
化学	15~26	4 問
生物	27~51	3 問

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはならない。
2. この問題冊子は全部で51ページである。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合には申し出ること。
3. 下表により1科目のみを選択し解答すること。

学 科	選 択 科 目
電気電子工学科 情報通信工学科	物理, 化学から1科目選択
都市マネジメント学科 環境応用化学科 建築学科 産業デザイン学科 生活デザイン学科	物理, 化学, 生物から1科目選択

4. 解答には黒鉛筆を用い、ボールペン、色鉛筆、万年筆などを使用してはならない。
5. 解答用紙は科目共通で2枚（マーク式および記述式）である。
6. 解答用紙（記述式）の指定欄に座席番号（数字）、氏名を記入し、さらに、解答する科目名を○で囲むこと。
 - ・解答は設問の指示に従い、所定の解答欄に記入すること。
7. 解答用紙（マーク式）の指定欄に座席番号（数字）、氏名を記入し、さらに、座席番号と解答する科目名をマークすること。
 - ・解答は、例えば **60** に対して ⑤ と解答する場合は、次の（例）のように、解答番号 60 の解答欄の ⑤ のマーク位置に解答用紙（マーク式）のマーク例に従ってマークすること。

（例）

60	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- ・誤ってマークした場合は、消しゴムで完全に消してからマークしなおすこと。
 - ・1つの解答欄に2つ以上マークした場合、その解答欄の解答は無効となる。
 - ・解答用紙（マーク式）は、折り曲げたり、破ったり、汚したりしないこと。
8. この問題冊子の余白は、計算などに利用してもよい。
 9. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ること。

物 理

1 軽い糸の一端に小球をつり下げ、鉛直面内で振動させるものを単振り子という。糸の長さ L の異なる単振り子の周期 T を測定した。長さ L と周期 T の測定値をグラフにしたものが図 1 (A)、測定された周期を 2 乗して L との関係性をグラフにしたものが図 1 (B) である。ただし、図 1 (A)、(B) ともに、縦軸の数値は見えなくなっている。図 1 (B) 中の実線は、データをもっともよく再現するように引いた原点を通る直線である。使用した小球の質量と、振りはじめの鉛直からの角度は以下のとおりである。

グラフ中の記号	小球の質量 [kg]	振りはじめの角度 [度]
黒丸 (●)	0.5	10
白三角 (△)	0.8	10
白四角 (□)	0.5	20

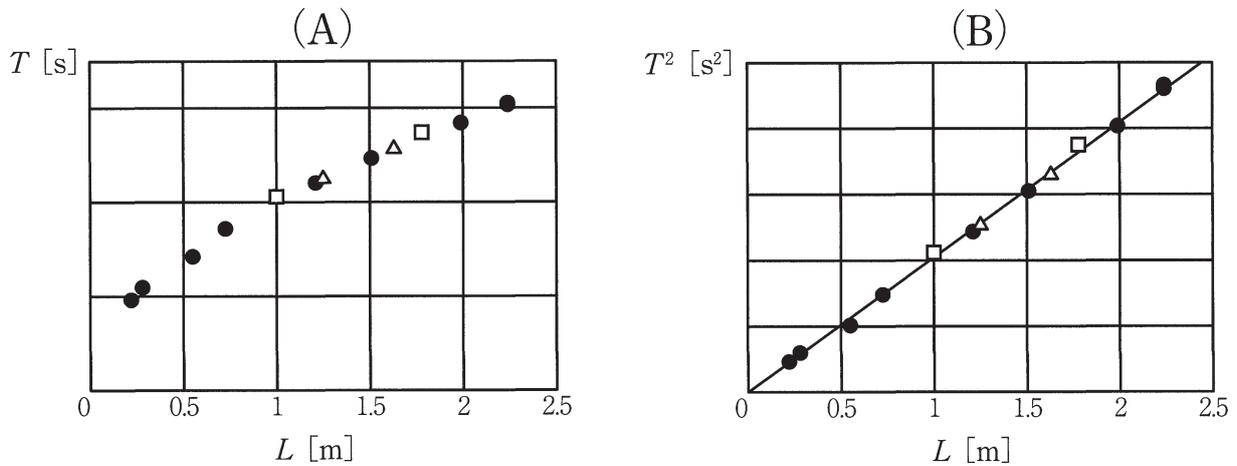


図 1

以下の各問いの答えとして最も適するものをそれぞれの解答群から一つずつ選びなさい。

問 1. 図 1 に示されている実験結果からわかることとして、正しくないものはどれか。

1

- ① 単振り子の糸が長いほど周期が長い。
- ② 単振り子の糸が短いほど単位時間あたりに振動する回数が多い。
- ③ 単振り子の周期は振りはじめの角度にはよらない。
- ④ 単振り子の周期は糸の長さの平方根に比例する。
- ⑤ 単振り子の周期は小球の質量にはよらない。
- ⑥ 単振り子の周期は重力加速度が大きいと短くなる。

問 2. 単振り子を目視しながら、ストップウォッチを手で操作して周期を測定する。単振り子の周期を精度よく測定したい。その方法として最も適切なのはどれか。

2

- ① デジタル表示のストップウォッチを使用する。
- ② 1 周期の時間を 10 回測って平均する。
- ③ 10 秒間に往復する回数を数える。
- ④ 10 周期に要する時間を測って 10 でわる。
- ⑤ 測定ごとに小球をとりかえる。

単振り子の運動を運動の法則にしたがって調べる。空気抵抗など、おもりの運動をさまたげる抵抗は無視する。図2のように、質量 m の小球に長さ L の軽い糸をつけ、天井からつり下げる。小球を引き上げて静かに手をはなすと、小球は半径 L の円弧に沿って振動する。この円弧に沿って x 座標をとり、図2のように x の正方向を定める。小球から手をはなしても小球が静止し続ける位置をつりあいの位置とよび、つりあいの位置を座標の原点とする。鉛直からの糸の角度を θ とし、 $x > 0$ のとき θ の符号を正とする。重力加速度の大きさを g とする。

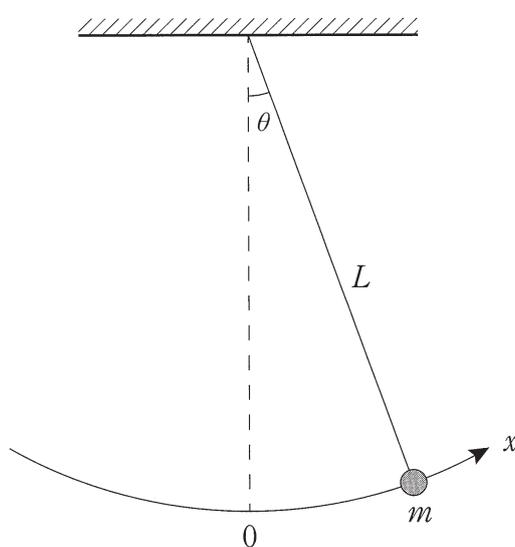


図2

問3. (この問題の解答は、解答用紙(記述式)(あ)に書くこと。)

図2の単振り子を $x = x_0$ ($x_0 > 0$) まで持ち上げて静かに手をはなす。小球の加速度の大きさが最も大きくなるのは、小球がどの位置にあるときか。理由とともに x の値を答えなさい。複数ある場合は、すべて答えなさい。理由の説明には、必要に応じて図や数式を用いてもよい。

(あ)

問 4. 振動する物体には、その物体をつりあいの位置に戻そうとする力がはたらいている。この力を復元力という。図 2 の小球にはたらく復元力の値はいくらか。

3

- ① mg ② $mg \cos \theta$ ③ $mg \sin \theta$
 ④ $-mg$ ⑤ $-mg \cos \theta$ ⑥ $-mg \sin \theta$

問 5. 角度 θ が小さい ($|\theta| \ll 1$) とき、 $\cos \theta \doteq 1$ 、 $\sin \theta \doteq \theta$ と近似できる。小球の変位 x が L に比べて小さい場合、この近似を用いることができる。この場合、小球の円弧に対する接線方向の運動方程式はどのように表されるか。小球の接線方向の加速度を a とする。

4

- ① $ma = mg$ ② $ma = mgx$ ③ $ma = \frac{mg}{L}x$
 ④ $ma = -mg$ ⑤ $ma = -mgx$ ⑥ $ma = -\frac{mg}{L}x$

問 6. 小球を角度 θ_0 ($|\theta_0| \ll 1$) まで持ち上げて、時刻 $t = 0$ で静かに手をはなす。時刻 t ($t > 0$) における小球の変位 x はいくらか。

5

- ① $L\theta_0 \sin\left(\sqrt{\frac{L}{g}}t\right)$ ② $L\theta_0 \cos\left(\sqrt{\frac{L}{g}}t\right)$ ③ $L\theta_0 \sin\left(\sqrt{\frac{g}{L}}t\right)$
 ④ $L\theta_0 \cos\left(\sqrt{\frac{g}{L}}t\right)$ ⑤ $L\theta_0 \sin\left(2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}t\right)$ ⑥ $L\theta_0 \cos\left(2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}t\right)$

問7. 問6の小球が1周期運動するあいだに糸の張力が小球に対してする仕事はいくらか。

6

- ① $2mgL\theta_0$ ② $2mgL\theta_0 \cos\theta_0$ ③ $2mgL\theta_0 \sin\theta_0$
④ $\frac{mgL}{2\theta_0}$ ⑤ $\frac{2mgL}{\theta_0}$ ⑥ 0

問8. 重力加速度の大きさを $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ とする。図1(B)の直線の傾きはつぎのどの値に最も近くなるか。

7 s^2/m

- ① 0.20 ② 0.40 ③ 2.0
④ 4.0 ⑤ 20 ⑥ 40

- 2 z 軸正方向に磁束密度 B の一様な磁場がある。質量 m で電気量 q の正電荷をもつ荷電粒子を原点 O に置き、速さ v で xz 平面上を x 軸から角度 θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) の向きに打ち出す。重力の影響は無視できるものとする。以下の各問いの答えとして最も適するものをそれぞれの解答群から一つずつ選びなさい。

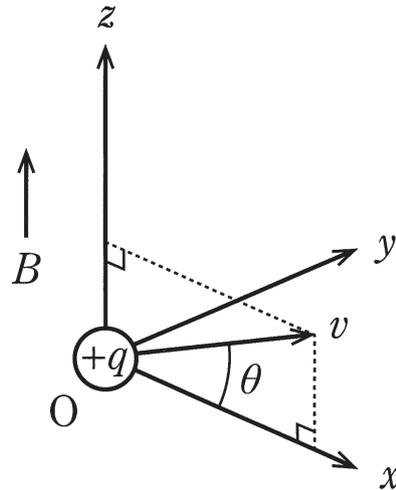


図 1

問 1. (この問題の解答は、解答用紙 (記述式) (い) に書くこと。)

z 軸正方向から見たときの、荷電粒子の軌跡を作図しなさい。解答用紙の所定の欄に図 2 を書き写し、荷電粒子の軌跡を実線で、運動の方向を矢印で記入すること。図に座標の値を記入する必要はない。

(い)

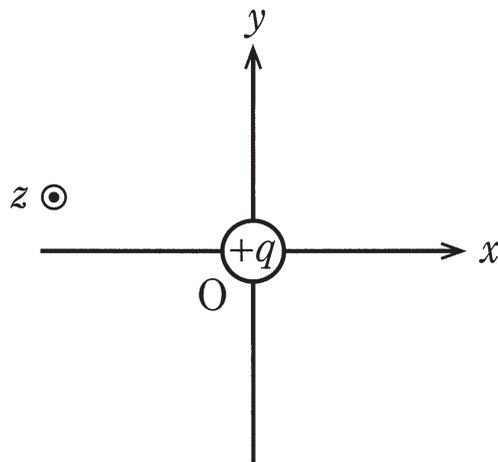


図 2

問 2. 荷電粒子にはたらくローレンツ力の大きさはいくらか。

8

- ① qvB ② $qvB \sin \theta$ ③ $qvB \cos \theta$
④ $\frac{qvB}{m}$ ⑤ $\frac{qvB \sin \theta}{m}$ ⑥ $\frac{qvB \cos \theta}{m}$

問 3. 荷電粒子を打ち出してから再び z 軸に交わるまでにかかる時間を T とする。
 T の値はいくらか。

9

- ① $\frac{2\pi m}{qB}$ ② $\frac{\pi m q}{B}$ ③ $\frac{2\pi m q}{B}$
④ $\frac{m}{qB}$ ⑤ $\frac{qB}{m}$ ⑥ $\frac{m q}{B}$

問 4. 荷電粒子を打ち出した時刻を 0 とする。時刻 t における荷電粒子の y 座標の値はいくらか。

10

- ① $\frac{mv \sin \theta}{qB} \left\{ \cos \left(\frac{2\pi t}{T} \right) + 1 \right\}$ ② $\frac{mv \cos \theta}{qB} \left\{ \cos \left(\frac{2\pi t}{T} \right) + 1 \right\}$
③ $\frac{mv \sin \theta}{qB} \left\{ \cos \left(\frac{2\pi t}{T} \right) - 1 \right\}$ ④ $\frac{mv \cos \theta}{qB} \left\{ \cos \left(\frac{2\pi t}{T} \right) - 1 \right\}$
⑤ $\frac{mv \sin \theta}{qB} \cos \left(\frac{2\pi t}{T} \right)$ ⑥ $\frac{mv \cos \theta}{qB} \cos \left(\frac{2\pi t}{T} \right)$

問 5. 荷電粒子が再び z 軸に交わるまでに z 軸方向に移動する距離はいくらか。

11

- ① $\frac{2\pi m}{qB} v \sin \theta$ ② $\frac{2\pi m}{qB} v \cos \theta$ ③ $\frac{2\pi m}{qB} v$
④ $\frac{m}{qB} v \sin \theta$ ⑤ $\frac{qB}{m} v \cos \theta$ ⑥ $\frac{m q}{B} v$

問 6. 荷電粒子が再び z 軸と交わるまでに荷電粒子が移動する軌跡の長さはいくらか。

12

- ① $\frac{\pi m v}{q B}$ ② $\frac{2 \pi m v}{q B} \sqrt{1 + \sin^2 \theta}$ ③ $\frac{2 \pi m v}{q B} \sqrt{1 + \cos^2 \theta}$
 ④ $\frac{2 \pi m v}{q B}$ ⑤ $\frac{2 \pi m v}{q B} \sin \theta$ ⑥ $\frac{2 \pi m v}{q B} \cos \theta$

次に、図 1 の磁場を変えずに、図 3 のように z 軸負方向に大きさ E の一様な電場をかけ、図 1 のときと同様に原点から荷電粒子を打ち出した。

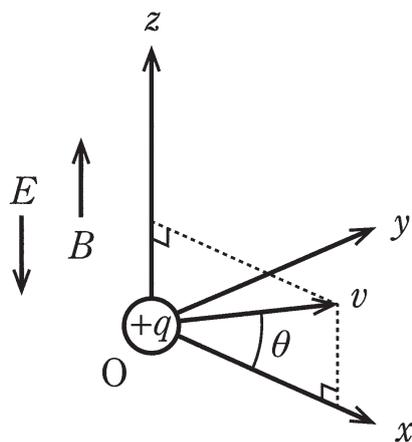


図 3

問 7. 荷電粒子の運動について説明した以下の文章中の (A) (B) に当てはまる語句の組み合わせのうち、正しいものはどれか。 13

z 軸正方向からみて、荷電粒子は (A) し、 z 軸方向に (B) する。

	(A)	(B)
①	時計回りに円運動	等速直線運動
②	時計回りに円運動	等加速度運動
③	反時計回りに円運動	等速直線運動
④	反時計回りに円運動	等加速度運動
⑤	等速直線運動	等速直線運動
⑥	等速直線運動	等加速度運動

問 8. 荷電粒子が再び z 軸と交わるとき、原点 O を通過した。電場 E の大きさはいくらか。 14

- ① $vB \sin \theta$ ② $2vB \sin \theta$ ③ $\frac{vB \sin \theta}{\pi}$
- ④ $vB \cos \theta$ ⑤ $2vB \cos \theta$ ⑥ $\frac{vB \cos \theta}{\pi}$

- 3 図1のように、振動数 200 Hz のおんさに線密度 $4.9 \times 10^{-3} \text{ kg/m}$ の伸び縮みしない弦の一端を固定し、他端に滑車を通しておもりをつり下げ、弦の AB 間を振動させたところ、4つの腹をもつ定常波ができた。AB間の長さを 60 cm とする。以下の各問いの答えとして最も適するものをそれぞれの解答群から一つずつ選びなさい。ただし、A と B の点は必ず定常波の節になるものとし、弦を伝わる波の速さ v は張力 S 、線密度 ρ を用いて、 $v = \sqrt{\frac{S}{\rho}}$ と表すことができる。重力加速度の大きさは 9.8 m/s^2 とする。

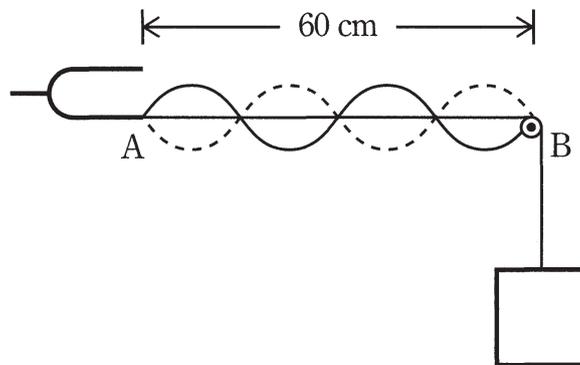


図 1

問 1. 弦を伝わる波の速さはいくらか。

m/s

- ① 30 ② 60 ③ 1.2×10^2
 ④ 3.0×10^2 ⑤ 6.0×10^2 ⑥ 1.2×10^3

問 2. (この問題の解答は、解答用紙(記述式)(う)に書くこと。)

おもりの質量はいくらか。導出過程を示して答えなさい。

kg

問3. 次の文を読み, (ア), (イ), (ウ) に当てはまる語句を示す正しい組み合わせを選びなさい。

16

図1の振動より腹の数が多い定常波をつくる場合, おんさを振動数の(ア)ものに変える方法と, 弦のAB間の長さを(イ)する方法と, おもりを質量の(ウ)ものに変える方法の3つが考えられる。

	ア	イ	ウ
①	小さい	小さく	小さい
②	小さい	小さく	大きい
③	小さい	大きく	小さい
④	小さい	大きく	大きい
⑤	大きい	小さく	小さい
⑥	大きい	小さく	大きい
⑦	大きい	大きく	小さい
⑧	大きい	大きく	大きい

問4. 図2のように、おもりを変えず、AB間の長さを保ったまま、弦からおんさを外してその一端を壁に固定し、弦の近くに長さ L の閉管を置いた。弦のAB間の中央をはじめて振動させたところ、弦に腹1つの定常波ができた。この定常波の振動数はいくらか。

17

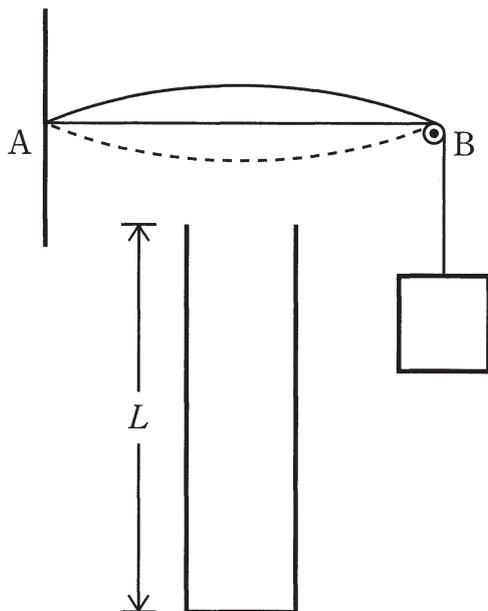
 Hz


図2

- | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① 50 | ② 60 | ③ 1.0×10^2 |
| ④ 2.0×10^2 | ⑤ 4.0×10^2 | ⑥ 8.0×10^2 |

問5. 問4の状態では閉管が共鳴した場合、 L の最小値はいくらか。ただし、音速を 340 m/s とし、開口端補正は考えないものとする。

18

 m

- | | | | |
|--------|--------|-------|-------|
| ① 0.43 | ② 0.85 | ③ 1.4 | ④ 1.7 |
| ⑤ 2.8 | ⑥ 3.4 | ⑦ 5.1 | ⑧ 6.8 |

- 4 図1のように、熱量計の中に水と羽根車が入っており、おもりが下がると糸で結び付いた羽根車が回転して水をかき混ぜられる仕組みの実験装置がある。おもりの質量を m [kg]、最初の水温を T_1 [°C] とする。以下の各問いの答えとして最も適するものをそれぞれの解答群から一つずつ選びなさい。ただし、熱量計は外部から断熱されており、熱の出入りはないものとする。また、重力加速度の大きさは g [m/s²] とする。

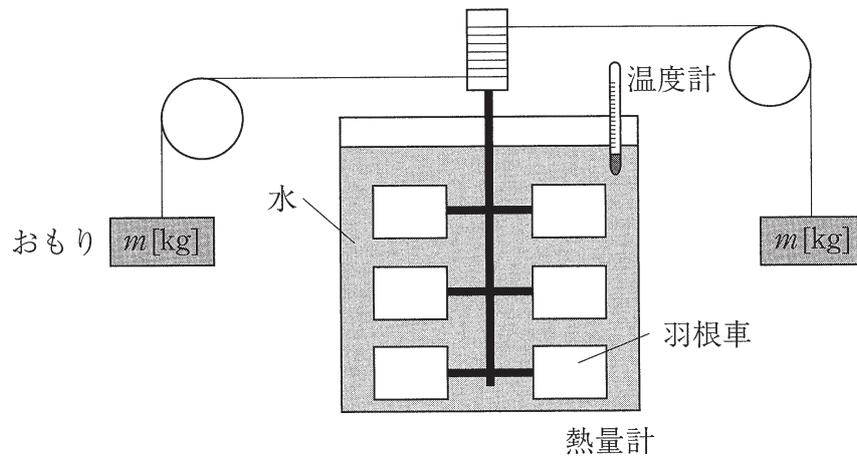


図 1

- 問 1. おもりを落下させず、水中にヒーターを入れて加熱したところ、水温を T_2 [°C] ($T_1 < T_2$) にするために必要な熱量は Q [J] であった。水、熱量計、羽根車の全熱容量 C [J/K] はいくらか。

19 [J/K]

- ① QT_1 ② QT_2 ③ $Q(T_2 - T_1)$
 ④ $\frac{Q}{T_1}$ ⑤ $\frac{Q}{T_2}$ ⑥ $\frac{Q}{T_2 - T_1}$

問 2. 水温を T_1 [°C] に戻した後, おもりを静かに落下させた。二つのおもりがそれぞれ h [m] 落下したとき, おもりの落下で失った位置エネルギーの合計 w [J] はいくらか。

20 [J]

- ① 0 ② $\frac{mgh}{2}$ ③ mgh
- ④ $\frac{3mgh}{2}$ ⑤ $2mgh$ ⑥ $\frac{5mgh}{2}$

問 3. 問 2 において, おもりの落下により熱量計内の水がかき混ぜられると水温が上昇した。重力がおもりにした仕事は, 水, 熱量計, そして羽根車の温度変化にすべて使われる。二つのおもりをそれぞれ h [m] 落下させる操作を N 回行った後の水温はいくらか。ただし, 水温は水が静止したときの値を記録する。また, おもりを元の高さに戻すときに羽根車は回転しない。

21 [°C]

- ① $NwC - T_1$ ② $\frac{NC}{w} - T_1$ ③ $\frac{Nw}{C} - T_1$
- ④ $NwC + T_1$ ⑤ $\frac{NC}{w} + T_1$ ⑥ $\frac{Nw}{C} + T_1$

問 4. (この問題の解答は, 解答用紙 (記述式) (え) に書くこと)

$m = 13$ kg, $h = 1.5$ m, $C = 2.5 \times 10^4$ J/K, $g = 9.8$ m/s² のとき, 最初の水温からの温度上昇が 0.30 K を超えるために必要な N の最小値はいくらか。解答欄には途中の計算過程も書くこと。

(え)

(物理問題終わり)