

はじめに

本書は、物理基礎・物理の標準的な入試問題を着実に解く力をつけることを目標とした問題集です。1日1題程度の演習で、約1ヶ月で学べるよう構成されています。

収録した33題の問題は、全国の国公立大学で実際に出題されたもので、頻出テーマの重要問題を厳選してあります。毎年、必ず出題される内容の問題ですから、解けなかった問題は確実に解けるよう練習しておいてください。

また、各問題には目安としての難易度、解答時間および、配点を表示しました。以下の『効果的な使い方』を参考にして有効に活用してください。

◆本書の効果的な使い方◆

① 各問題を、表示された解答時間を目安に解いてみる

このとき、実際の入試会場にいるつもりで、参考書などに頼らずに問題に挑んでください。

② 解答を参照して採点してみる

大問の配点が問題に記載されていますので、小問ごとの配点は各自で決めてください。また、採点結果を記録しておきましょう。あとでもう一度チャレンジしたときの参考になります。

③ 解説に付した「解答のための知識」を参考にして少し考えてみる

本当に理解をするための足がかりがここにあります。

④ 解説をじっくり読んでみる

不足していた知識、解答に必要な考え方、計算の仕方を確認しましょう。

⑤ 少し時間を空けてから、もう一度問題を解いてみる

本当に理解できているかどうかを確認できます。

最も大切なことは、出来なかった問題が出来るようになることです。1回目の点数に比べて、2回目の点数がアップしていれば大きな進歩です。

本書を足がかりにして、大学入試の物理に自信がもてるようになってもらえれば幸いです。皆さんの夢がかなうようがんばってください。

著 者

難易度・目標解答時間・予想配点・出典一覧

◆難易度 「標準」が国公立大二次試験標準レベルとなります。

◆配点 自己採点の際の問題の配点を示します。

問題番号	難易度	目標解答時間	予想配点	出典大学名
1	標準	30分	28点	福井大
2	標準	25分	20点	鹿児島大
3	やや難	25分	20点	首都大学東京
4	標準	30分	28点	琉球大
5	標準	25分	20点	埼玉大
6	標準	30分	36点	広島大
7	標準	30分	40点	長崎大
8	標準	30分	28点	山形大
9	標準	30分	24点	徳島大
10	標準	20分	16点	奈良女子大
11	標準	30分	24点	大阪市立大
12	標準	25分	27点	三重大
13	標準	20分	16点	岐阜大
14	やや難	30分	32点	新潟大
15	標準	30分	28点	横浜市立大
16	やや難	25分	30点	信州大
17	やや易	20分	28点	金沢大
18	標準	25分	28点	奈良女子大
19	標準	25分	32点	高知大
20	標準	25分	28点	長崎大
21	標準	20分	24点	岩手大
22	標準	25分	36点	愛媛大
23	やや易	25分	36点	京都府立大
24	標準	20分	24点	千葉大
25	やや難	25分	28点	静岡大
26	標準	20分	20点	鳥取大
27	標準	30分	36点	秋田大
28	標準	25分	28点	山口大
29	やや難	30分	36点	岡山県立大
30	標準	25分	32点	埼玉大
31	やや難	35分	45点	名古屋工大
32	標準	20分	20点	宇都宮大
33	標準	20分	20点	名古屋工大

目 次

はじめに iii

難易度・目標解答時間・予想配点・出典一覧 iv

◆第1章 力学

- 1 運動方程式と等加速度運動…………… 2
- 2 剛体のつりあい…………… 4
- 3 平面内の衝突…………… 6
- 4 運動量保存とエネルギー保存…………… 8
- 5 水平方向の単振動…………… 10
- 6 鉛直方向の単振動…………… 12
- 7 等速円運動…………… 14
- 8 非等速円運動…………… 16
- 9 慣性力…………… 18
- 10 遠心力…………… 20
- 11 ケプラーの法則…………… 22

◆第2章 熱

- 12 気体分子運動論…………… 24
- 13 内部エネルギー…………… 26
- 14 気体の状態変化…………… 28
- 15 熱サイクル…………… 30

◆第3章 波動

- 16 定常波…………… 32
- 17 弦の振動とうなり…………… 34
- 18 気柱の共鳴…………… 36
- 19 ドップラー効果…………… 38
- 20 屈折と全反射…………… 40
- 21 スリットによる光の干渉…………… 42
- 22 薄膜による光の干渉…………… 44

◆第4章 電磁気

- 23 点電荷がつくる電場…………… 46
- 24 コンデンサーへの金属板の挿入…………… 48
- 25 コンデンサーへの誘電体の挿入…………… 50
- 26 可変抵抗を含む回路…………… 52
- 27 電磁場中の荷電粒子の運動…………… 54
- 28 直線電流のつくる磁場…………… 56
- 29 磁場中を動く導体棒…………… 58
- 30 磁場中の電流が受ける力…………… 62
- 31 共振回路…………… 64

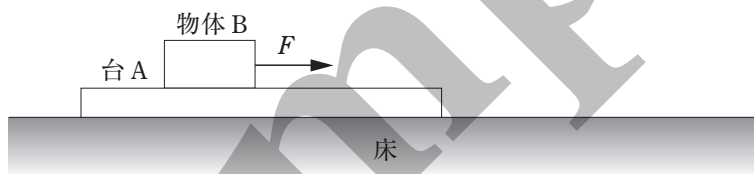
◆第5章 原子

- 32 水素原子のボーア模型…………… 68
- 33 放射性崩壊…………… 70

1. 力 学

1 運動方程式と等加速度運動 【標準・30分・28点】

図のように、水平な床の上に直方体で質量 M の台 A が置いてあり、この台 A の上に同じ質量 M の物体 B が置いてある。物体 B に水平右向きで大きさが F の力を加えたときに、これらの物体がどのような運動をするか考えてみよう。ただし、床と台 A の間、および台 A と物体 B の間には摩擦力がはたらくものとし、床と台 A の間の静止摩擦係数と動摩擦係数をそれぞれ μ_A と μ_A' とし、台 A と物体 B の間の静止摩擦係数と動摩擦係数をそれぞれ μ_B と μ_B' とする。台 A と物体 B は回転しないものとし、物体 B は台 A から落ちないものとし、空気抵抗は無視できるものとする。水平方向の力、速度、および加速度は、水平右向きを正の向きとし、重力加速度の大きさを g とする。以下の問いに答えよ。



問1 $F = F_1$ のとき、床に対して台 A と物体 B は静止していた。このとき、台 A が床から受ける摩擦力の大きさ R_A 、および物体 B が台 A から受ける摩擦力の大きさ R_B を答え、それぞれの摩擦力の向きも答えよ。

問2 F を F_1 からしだいに大きくしていったところ、物体 B は台 A の上をすべることなく、台 A と物体 B が一体となって床の上をすべり始めた。このようにすべり始めるためには、 μ_A と μ_B は次の不等式を満たさなければならない。以下の に当てはまる数値を答えよ。

$$\frac{\mu_B}{\mu_A} > \text{ }$$

問3 物体 B が台 A の上をすべることなく、台 A と物体 B が一体となって床の上をすべっているときの F を F_2 とする。このときの台 A と物体 B の加速度 a_{AB} を M , μ_A' , g , F_2 を用いて表せ。

問4 F を問3の F_2 からしだいに大きくしていったところ、物体Bは台Aの上をすべり始めた。物体Bがすべりだす直前の F は F_3 であった。静止摩擦係数 μ_B を M , μ_A' , g , F_3 を用いて表せ。

問5 台Aが床の上をすべっていて、物体Bも台Aの上をすべっているときの F を F_4 とする。このときの台Aの加速度 a_A と物体Bの加速度 a_B をそれぞれ M , μ_A' , μ_B' , g , F_4 の中から必要な記号を用いて表せ。

問6 問5における F_4 を物体Bが台Aの上をすべり始めてから時間 T の間加え続け、この直後に F を突然0にした。その後、しばらくして台Aと物体Bは同じ速度になり、一体となって床の上をすべるようになった。このとき、物体Bが台Aの上をすべり始めた瞬間から台Aと物体Bが同じ速度になるまでの時間 T_e を M , μ_B' , g , F_4 , T を用いて表せ。ただし、 $\mu_B' = 2\mu_A'$ を満たしているものとする。

問7 問6において、台Aと物体Bが同じ速度になる瞬間の速さを v_{AB} とする。台Aと物体Bが同じ速度になった後、台Aと物体Bは一体となって床の上をすべり続け、やがて静止した。台Aと物体Bが同じ速度になってから静止するまでに床の上を移動した距離 L を μ_A' , g , v_{AB} を用いて表せ。

<福井大>

1. 力学

1 運動方程式と等加速度運動

◆ 解 答 ◆

問1 $R_A = F_1$ 左向き, $R_B = F_1$ 左向き

問2 2

問3 $a_{AB} = \frac{F_2}{2M} - \mu_A'g$

問4 $\mu_B = \frac{F_3}{2Mg} + \mu_A'$

問5 $a_A = (\mu_B' - 2\mu_A')g$, $a_B = \frac{F_4}{M} - \mu_B'g$

問6 $T_e = \frac{F_4}{\mu_B' Mg} T$

問7 $L = \frac{v_{AB}^2}{2\mu_A'g}$

● 解答のための知識

(1) 等加速度直線運動

一定の加速度を $a_x = a$, $t = 0$ で $v_x = v_0$, $x = x_0$ として,

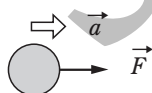
速度 $v_x = v_0 + at$

座標 $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$

(2) 運動方程式

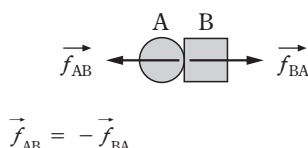
物体 (質量 m) に作用した力の和を \vec{F} , 生じた加速度を \vec{a} として,

$$m\vec{a} = \vec{F}$$



(3) 作用反作用の法則

A が B から受けた力と B が A から受けた力は同じ大きさで互いに逆の向きである。



(4) 摩擦

静止摩擦 力 $R \leq \mu_0 N$

(静止摩擦係数 μ_0 , 垂直抗力 N)

動摩擦 力 $R = \mu N$

(動摩擦係数 μ) 一般に, $\mu < \mu_0$

◎ 解 説 ◎

図の右向きを, 速度と加速度の正の向きとする。

問1 B が A から受ける静止摩擦力の向きは図の左向きである。作用反作用の法則により, A が B から受ける静止摩擦力の向きは図の右向きである。また, A が床から受ける静止摩擦力の向きは左向きである。

A が床から受ける垂直抗力の大きさを N_A , B が A から受ける垂直抗力の大きさを N_B として, A と B の力のつりあいは,

$$\begin{aligned} \text{A} \quad & \begin{cases} 0 = R_A - R_B \\ 0 = N_A - N_B - Mg \end{cases} \\ \text{B} \quad & \begin{cases} 0 = F - R_B \\ 0 = N_B - Mg \end{cases} \end{aligned}$$

$$\therefore R_A = R_B = F, N_A = 2Mg, N_B = Mg$$

$F = F_1$ のとき, $R_A = F_1$, $R_B = F_1$ である。

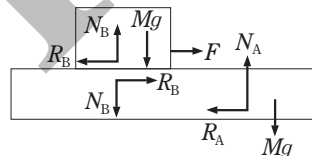


図 1-1

問2 A と床の間, および A と B の間ですべることがなければ,

$$R_A \leq \mu_A N_A \text{ より, } F \leq \mu_A \times 2Mg$$

$$R_B \leq \mu_B N_B \text{ より, } F \leq \mu_B Mg$$

である。F を大きくしていくとき, 先に A と床の間ですべり始めるためには,

$$\mu_A \times 2Mg < \mu_B Mg \quad \therefore \frac{\mu_B}{\mu_A} > 2$$

問3 もし A と B の間に摩擦がなければ, B は A に対して図の右向きにすべるので, それを妨げるように B は A から図の左向きに静止摩擦を受ける。その大きさを R_B とする。A は図の右向きに動くので, A は床から左向きに動摩擦を受ける。その大きさは, $\mu_A' N_A = \mu_A' \times 2Mg$ である。A と B の運動方程式の水

平成分を別々に立てると、

$$A \quad Ma_{AB} = R_B - \mu_A' \times 2Mg \quad \cdots \cdots ①$$

$$B \quad Ma_{AB} = F_2 - R_B \quad \cdots \cdots ②$$

式①+式②より、

$$2Ma_{AB} = F_2 - 2\mu_A'Mg$$

$$\therefore a_{AB} = \frac{F_2}{2M} - \mu_A'g$$

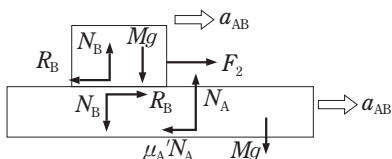


図 1-2

問4 式②より、 $R_B = F_2 - Ma_{AB}$ となる。これに問3の a_{AB} を代入して、

$$R_B = \frac{1}{2} F_2 + \mu_A'Mg$$

F_2 を F_3 としたとき、BはAの上ですべり始める直前であるから、AとBの間ではたらく摩擦力は最大静止摩擦力(大きさは $\mu_B N_B = \mu_B Mg$)となる。よって、

$$R_B (\text{最大}) = \frac{1}{2} F_3 + \mu_A'Mg = \mu_B Mg$$

$$\therefore \mu_B = \frac{F_3}{2Mg} + \mu_A'$$

問5 BはAに対して図の右向きにすべるので、BはAから動摩擦力を図の左向きに受ける。その大きさは $\mu_B' N_B = \mu_B' Mg$ である。AとBの運動方程式の水平成分は、

$$A \quad Ma_A = \mu_B' Mg - \mu_A' \times 2Mg$$

$$B \quad Ma_B = F_4 - \mu_B' Mg$$

$$\therefore a_A = (\mu_B' - 2\mu_A')g, \quad a_B = \frac{F_4}{M} - \mu_B'g$$

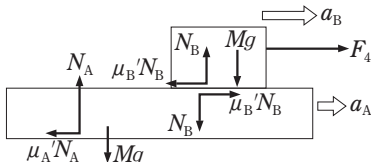


図 1-3

問6 Bに加える力を $F = 0$ とする。Bの速度 v_B がAの速度 v_A より大きい間、BはAに対して図の右向きにすべるので、AとBにはたらく力は図1-4のようになる。

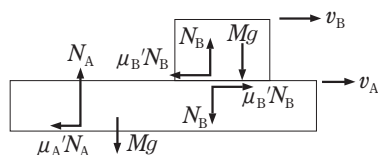


図 1-4

AとBの加速度を a_A' 、 a_B' として、運動方程式により、

$$A \quad Ma_A' = \mu_B' Mg - \mu_A' \times 2Mg$$

$$B \quad Ma_B' = -\mu_B' Mg$$

$$\therefore a_A' = (\mu_B' - 2\mu_A')g, \quad a_B' = -\mu_B'g$$

BがAの上をすべり出す直前の床から見たAとBの速度を v_{AB} とする。BがAに対してすべり始めてからAとBの速度が等しくなるまでのBの速度変化は、 $a_B T + a_B'(T_e - T)$ である。AとBの速度が等しくなるときのBの速度 $v_B(T_e)$ は、

$$v_B(T_e) = v_{AB} + a_B T + a_B'(T_e - T)$$

$\mu_B' = 2\mu_A'$ のとき、 $a_A = 0$ 、 $a_A' = 0$ である。BがAの上をすべる間、Aの速度は一定であるから、AとBの速度が等しくなるとき、Aの速度は、

$$v_A(T_e) = v_{AB}$$

よって、 $v_A(T_e) = v_B(T_e)$ より、

$$v_{AB} = v_{AB} + a_B T + a_B'(T_e - T)$$

$$\therefore T_e = \frac{a_B' - a_B}{a_B'} T = \frac{F_4}{\mu_B' Mg} T$$

Aの速度を太い破線、Bの速度を太い実線で速度の時間変化をグラフに示すと図1-5のようになる。ただし、AとBが動き始めた時刻を $t = 0$ とする。

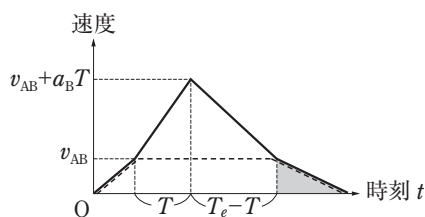


図 1-5

問7 AとBが一体となって床の上をすべるとき、その加速度を α とする。AとBを1つにまとめて考えると、運動方程式は、

$$\begin{cases} 2M\alpha = -\mu_A' N_A \\ 0 = N_A - 2Mg \end{cases}$$

$$\therefore N_A = 2Mg, \quad \alpha = -\mu_A'g$$

等加速度運動であるから、

$$0^2 - v_{AB}^2 = 2\alpha L$$

$$\therefore L = -\frac{v_{AB}^2}{2\alpha} = \frac{v_{AB}^2}{2\mu_A'g}$$

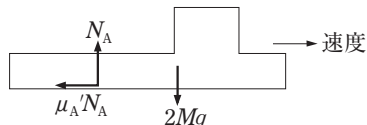


図 1-6

L は問 6 で示した速度の時間変化を表すグラフの影部の面積に等しい。

2 剛体のつりあい

◆解 答◆

問 1 $d = \frac{mg}{k}$

問 2 $N_1 = TL \sin \theta, N_2 = 0$

問 3 $T = \frac{(M+2m)g}{2 \sin \theta}$

問 4 $F = \frac{Mg}{2}, N = \frac{(M+2m)g}{2 \tan \theta}$

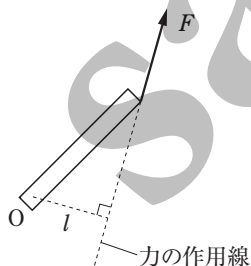
問 5 $\mu \geq \frac{M \tan \theta}{M+m}$

●解答のための知識

(1) 力のモーメント

剛体に作用する力の大きさを F 、うでの長さを l とし、 O 点のまわりの力のモーメントは、

$$M = Fl$$



(2) 剛体のつりあい

- ┌ 剛体に作用する外力の和 = 0
- └ 任意の点のまわりの力のモーメントの和 = 0

◎解 説◎

問 1 おもりに はたらく力のつりあいより、

$$0 = mg - kd$$

$$\therefore d = \frac{mg}{k}$$

問 2 棒が糸から受ける張力 T の作用線に、点 A から下ろした垂線の長さは $L \sin \theta$ である。張力 T の点 A のまわりのモーメントは、

$$N_1 = TL \sin \theta$$

また、張力 T の作用線に点 B から下ろした垂線の長さは 0 であるから、点 B のまわりのモーメントは、

$$N_2 = 0$$

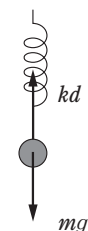


図 2-1

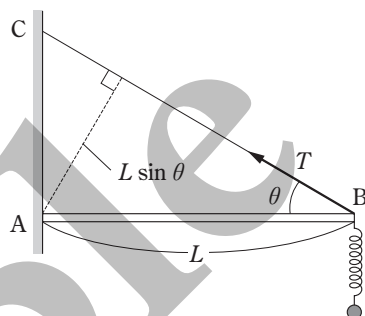


図 2-2

問 3 棒がばねから受ける力の大きさは

$$f = kd = mg$$

であり、鉛直下向きである。また、棒は点 A で壁から垂直抗力 N と静止摩擦力 F を受ける。棒は一樣だから、棒の重心は棒の中心であり、全重力 Mg の作用点を棒の中心にとる。

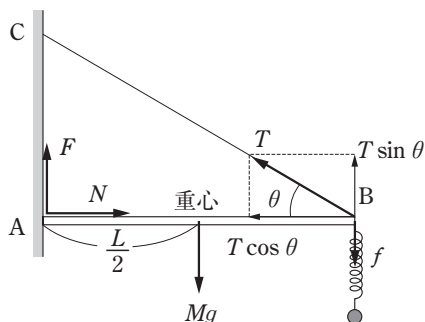


図 2-3

反時計回りを正として、点 A のまわりの棒に作用する力のモーメントのつりあいより、

$$0 = TL \sin \theta - Mg \frac{L}{2} - fL$$

$$\begin{aligned} \therefore T &= \left(\frac{Mg}{2} + f \right) \frac{1}{\sin \theta} \\ &= \frac{(M+2m)g}{2 \sin \theta} \end{aligned}$$

ここで、点 A のまわりの F と N のモーメントは、