

なぜ「名問」の「森」なのか

物理の実力を伸ばすには…何より基本を大切にすることです。そして、いろいろな問題に出会って理解を深めていくことです。この本は、すでに基本を身につけ、標準問題までは終えていて、高度な入試問題で腕を磨きたい人を対象にしています。

ただ、入試問題は数限りなくあります。一方、皆さんの時間は限られています。そこで、できるだけ**良い問題に取り組みたい**のです。良問とは、理解を深め、視野を広げてくれるもので、それ1題で何題分もの大きな効果をもたらしてくれるものです。また、「こんな見方もあったのか!」とか、一見複雑に見える状況が、快刀乱麻を断つがごとく解決されて、感動を覚えるものです。

この問題集を作成するに当たって、過去60年間ほどの入試問題を見直してみました。物理というのは古い問題だからといって、内容が古びるとか価値が低くなるといったことはありません。自然法則に変わりはないからです。そこで入試問題から良問を選びすぐり、さらに思い切って手を加えました。元々が優れた素材なものですから、磨きをかけることによって「名問」と呼ぶにふさわしいものになったと思っています。2つの問題を融合させた場合もあります。(北海道大+九州大) などとしたものがそうです。ただ、名問はしばしばレベルの高い問題にならざるを得ません。本書は上級者用の問題集です。

問題集にとって大切なことの一つは、**解説が分かりやすく、詳しい**ことです。答え合わせで終わっては、せっかく苦勞して解いたかいないと言ってもいいでしょう。考え方の検証をしてほしいのです。自分で用いた方法より良い方法があればどんどん吸収していきましょう。問題を味わうというか、いろいろな角度から眺めることも大切です。そこで**図解や別解を重視**しました。

数多くの名問が、森の如く奥深く広がっています。1本の木、つまり1題ごとに磨きをかけただけでなく、森全体の調和も考えて構成してあります。この森を探索していくうちに、物理のもつ魅力ある風景に出会い、実力は自ずからついていくことでしょう。問題番号順にきちんと進んで行くのもいいですし、「これは」と思う興味を感じた問題から入ってくれてもいいでしょう。気がついたら、森の中全体に及んでいたというふうに…。**冒険に挑む勇氣と、散歩を楽しむ心**をもって名問の森を進んでみて下さい。

問題を選ぶに当たって、多くの参考書や問題集を参考にさせていただきました。いちいち記せませんが、先人達の力のお陰でこの本ができたことをつけ加えておきたいと思います。

この本の使い方

基礎力がしっかりしていない状態でこの本にとりかかるのは無謀としか言いようがありません。まず、「**物理のエッセンス**」(河合出版)などで学力を整え、「**良問の風**」(河合出版)のような標準的な入試問題集を経てから挑んでみて下さい。

- ① まず、問題文だけを見て解いてみて下さい。
- ② 次に、**Point & Hint**を読んで、できなかった設問や考え方の誤りが見つかったら解き直して見て下さい。ヒントを上手に活用しましょう。ヒントを見た後でも解ければ、答えを見てから理解するよりずっといいのです。でも、はじめからヒントに頼ってはいけません。
- ③ **HINT**では、講義に近い形をめざし、詳しい解説を心がけました。答え合わせが目的ではありません。考え方をよく検討してみてください。答えが合った設問でもいろいろと得るところが多いはずですよ。

設問ごとのレベル (**Level**) を次のように分けて表示しました。

★★：基本 ★：標準 ★：応用 ★★：難

★★や★で間違えたのなら、繰り返しやり直して必ず解けるようにして下さい。入試の合否は標準問題で決まるといっても過言ではないでしょう。標準問題が確実に解けること、それが何より大切です。難関大学をめざす人や物理を得点源にしたい人は★まで（ある程度でいいですから）こなせるようにして下さい。そして、難問にぶつかることによって、物理の面白さを感じたり、基本の理解の浅さを思い知らされることがあるものです。★★にはそのようなものが含まれていますので、いくらかでも吸収していただけたらと思います。

- とくに**重要な問題**には問題番号に赤いバック をつけました。重要問題だけでもかなりの大学に対処できます。
- 習った範囲で解けるかどうか、確認できるように、問題にはタイトルをつけています。
- 大学名は出題時ではなく、現在名で表記しています。大学名のない問題は創作です。とはいえ、いろいろな入試問題を背景にして作っています。
- **Base** は骨格となる法則や考え方です。本当に大切なことは意外に少ないものです。
- できる限り基本に立ち戻っての解説を心がけましたが、限られたスペースでは十分に理由が説明しきれないこともあり、その場合は「物理のエッセンス」の参照ページを書いておきました。(⇒エッセンス(上) p)は「力学・波動」編を、(下)は「熱・電磁気・原子」編を指しています。
- 設問文中、例えば「(1)……の距離 d を求めよ。」とある場合、文字 d は問(2)以下の答えには用いないように。計算式を合わせたいための表示です。
- 問題の内容をより深めたい場合には、解説の終わりに設問を入れました。それが **Q** です。かなり難しいものが多いですが、挑戦してみてください。解答は巻末にあります。

目次 (重要問題には問題番号に赤色がついています。)

力学

とくに断らない限り、次のように考えて下さい。

- ♣ 空気の抵抗は無視する。
- ♣ 糸は伸び縮みせず、質量は無視できる。
- ♣ ばねの質量は無視できる。
- ♣ 滑車は滑らかなものとする。
- ♣ 地面、床、天井は水平とする。

放物運動	1 …… 8	等速円運動	25 …… 74
	2 …… 11		26 …… 76
	3 …… 13		27 …… 80
剛体のつり合い	4 …… 16	円運動	28 …… 82
	5 …… 19		29 …… 85
	6 …… 21		30 …… 89
運動方程式	7 …… 23	円運動・単振動	31 …… 92
	8 …… 26	単振動	32 …… 96
	9 …… 29		33 …… 99
	10 …… 31		34 …… 102
エネルギー保存則	11 …… 34		35 …… 105
	12 …… 36		36 …… 108
運動量保存則	13 …… 38		37 …… 111
	14 …… 42		38 …… 115
保存則	15 …… 46		39 …… 117
	16 …… 50		40 …… 121
	17 …… 53		41 …… 123
	18 …… 56		42 …… 127
	19 …… 58		43 …… 129
慣性力	20 …… 60	万有引力	44 …… 131
	21 …… 63		45 …… 134
	22 …… 66		
	23 …… 69		
	24 …… 71		

熱

♣ 気体は理想気体とする。

比熱・熱容量	46 ……138	54 ……157
気体の法則	47 ……140	55 ……160
分子運動論	48 ……142	56 ……162
	49 ……144	57 ……164
熱力学	50 ……147	58 ……166
	51 ……150	59 ……169
	52 ……152	60 ……172
	53 ……155	61 ……174

波動 I

♣ 波が伝わる時の減衰は無視する。

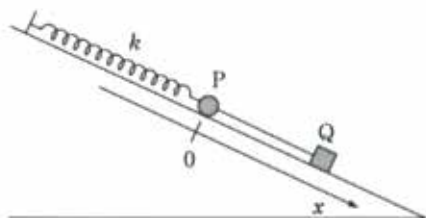
♣ 空気の(絶対)屈折率は1とする。

波の性質	62 ……178	ドップラー効果	69 ……199
反射・定常波	63 ……181		70 ……203
弦の共振	64 ……184		71 ……206
	65 ……187		72 ……209
気柱の共鳴	66 ……189	反射・屈折の法則	73 ……213
弦と気柱の共鳴	67 ……192	レンズ	74 ……216
波の式	68 ……195	光波	75 ……219

35 単振動

質量 m の P と M の Q を糸で結び、ばね定数 k のばねに P を取り付けて滑らかな斜面上に置く。全体が静止しているとき、ばねは自然長から d だけ伸びていた。このときの P の位置を原点として、斜面に沿って下向きに x 軸をとる。次に、 Q に外力を加えて下に引き、 P の位置が $x=2d$ となった所で、 Q を静かに放した。重力加速度を g とする。

- (1) 斜面の傾角を θ として、 $\sin \theta$ を求めよ。
- (2) P が位置 x を通るときの加速度を a 、糸の張力の大きさを S として、 P と Q それぞれの運動方程式を立てよ。
- (3) やがて糸がゆるみ始める。そのときの P の位置と速さ v を求めよ。
- (4) 放してから P が $x=0$ へ戻るまでの時間 t_1 と、糸がゆるむまでの時間 t_2 を求めよ。



Level (1) ★★ (2) ★ (3) ★ (4) t_1 : ★ t_2 : ★★

Point & Hint

- (2) 座標軸が下向きだから、ベクトル量は下向きを正とする。「加速度を a 」といえば、 a には既に符号が含まれている。答えには θ を用いないように。
- (3) 糸がゆるむかどうかを調べるには…。速さはエネルギー保存則で。
- (4) 単振動の周期を T とすると、 $t_2 = \frac{1}{4}T + \frac{1}{8}T$ という誤りが目立つ。距離が半分なら時間も半分というわけにはいかない。単振動は等速運動ではないのだから。

LECTURE

- (1) P, Q を一体としてみると, 斜面方向での力のつり合いより

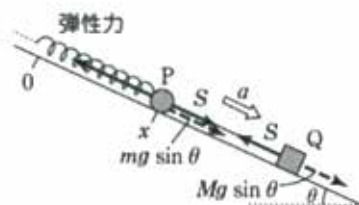
$$kd = (m + M)g \sin \theta \quad \therefore \sin \theta = \frac{kd}{(m + M)g}$$

- (2) 自然長からのばねの伸びは
- $d + x$

だから

$$\begin{aligned} P: \quad ma &= mg \sin \theta + S - k(d + x) \\ &= \frac{mkd}{m + M} + S - k(d + x) \\ &= S - \frac{Mkd}{m + M} - kx \quad \dots \textcircled{1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q: \quad Ma &= Mg \sin \theta - S \\ &= \frac{Mkd}{m + M} - S \quad \dots \textcircled{2} \end{aligned}$$



ばねの力を kx とするミスが多い!

- (3) ①, ②より
- a
- を消去して
- S
- を求めると
- $S = \frac{Mk}{m + M}(d + x)$

糸がゆるむのは張力 S が 0 になるときだから $x = -d$

こうして, ばねが自然長になったとき糸がゆるむことが分かる (詳しくいえば, $x < -d$ で $S < 0$ となるから)。それまでは P, Q 一体となつての単振動で, 力のつり合い位置 $x = 0$ が振動中心だから, 単振動のエネルギー保存則 (A 方式) より

$$\frac{1}{2}k(2d)^2 = \frac{1}{2}(m + M)v^2 + \frac{1}{2}kd^2 \quad \therefore v = d\sqrt{\frac{3k}{m + M}}$$

別解 B 方式なら, はじめの P の位置 $x = 2d$ を重力の位置エネルギー (Q は P と一体化) の基準位置として

$$0 + 0 + \frac{1}{2}k(3d)^2 = \frac{1}{2}(m + M)v^2 + (m + M)g \cdot 3d \sin \theta + 0$$

$$\frac{9}{2}kd^2 = \frac{1}{2}(m + M)v^2 + 3kd^2 \quad \therefore v = d\sqrt{\frac{3k}{m + M}}$$

なお, ①+②より $(m + M)a = -kx$ となる。これは全体としての運動方程式を表し, P と Q が一体となって単振動することを明示している。

そして, $x = 0$ が振動中心になること, 周期 T が $T = 2\pi\sqrt{\frac{m + M}{k}}$ となることも示している (p 111 参照)。