

授業後にノートの写真を撮ってメールで提出すれば0.5点を加点する。目的は、スライドや黒板を写していたかではなく、演習など授業に取り組んでいたかを確認するため。事情があれば、授業後の確認も可。 力学1(工)・力学(情)(4回目)

第3回授業 レポート課題 《第4回目の授業の初めに小テストを行う》

数値で求める解は有効数字2桁で答えよ。

テキスト p.8~9 の問題 2-1 (1)~(4), 2-2, 2-3, 2-4, 2-6 を、以下の修正・追加をして解け。

●追加：問題 2-1(1)~(3)は力の向きも答えよ。

●追加：問題 2-2 の設定で、自然長から 4.0 [cm] 縮めたときの弾性力の大きさはいくらか。

●問題 2-3 を次のように修正する：問題文の設定において、動摩擦力 $\vec{f}$ の大きさと向きを求めよ。また、テキストのように、 x 軸の正方向を水平右向きとしたときの x 成分 f'_x も求めよ。

注意：テキストの解答は略解であり、答案として必要な部分が省略されている場合がある。計算式だけでなく、説明文や適切な図を加えて、答案を作成することを心がけよ。答案作成力も見よ。

* 提出方法や提出場所・期限は通常通り (第1回配布のプリントを見よ。)

第4回 力の合成・分解、力のつり合い：テキスト第1, 2, 23章

1. 今回の授業の目的

前回までの授業で、力はベクトルで表されることと、力の代表的な種類について力の法則（向き、大きさ、作用点を決める法則）を理解した。そこで、これまでの内容を具体的な問題に適用する。今回の授業の目的は、力の合成・分解と力のつり合いを理解して、適切な作図と計算が出来るようになることである。

2. 授業の進行：テキスト第1, 2, 22章とこのプリントを合わせて理解を深める

- (1) 力の合成 (第1章 p.1)：一つの物体に複数の力 $\vec{F}_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$) が働くと、物体は何らかの運動を行う（静止や変形も運動の一つ）。その複数の力の働きと同じ働きをする（全く同じ運動を引き起こす）一つの力 $\vec{F}$ を考えることができる。この力 $\vec{F}$ を $\vec{F}_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$) の合力といい、ベクトルの和で求められる。（平行四辺形の法則を繰り返し使って求める。第1回目の実験を思い出せ。）

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n \quad (4.1)$$

式 (4.1) から合力 $\vec{F}$ の大きさ、向き、成分が分かる。合力を考えることを、力を合成するという。

- (2) 力の合成の**復習演習**：テキスト第1章の問題演習1から、問題1-6(1)(2)に取り組む。
- (3) 力の分解 (p.1~2)：一つの力 $\vec{F}$ を、いくつかの力（例えば2つ）のベクトル和 $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ として表すことを力の分解という。このとき分解された力 $\vec{F}_1$ と $\vec{F}_2$ を分力という。力の分解は複数（例えば3個、一般に n 個）の方向を考えることも可能で、その場合の力 $\vec{F}$ と分力 $\vec{F}_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$) との関係は式 (4.1) と同じベクトル和である。

注意1：力の分解が重要になるのは、例えば第1回目の実験のような設定である。一つの重り（実験ではボルトを入れた容器）を2本の糸（実験ではばね）に吊るしたときに、重りの重力 $\vec{F}$ をそれぞれの糸の方向に分解することで2つの分力 $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ が考えられる。そして、重りが静止している場合（力がつり合っている場合）は、その分力と逆の力 $-\vec{F}_1, -\vec{F}_2$ が、それぞれの糸が重りを引っ張る力となる。（なぜなら、これで重りの重力と糸の力の合力がゼロベクトルになるから。）

注意2：テキスト p.1 の力の分解の図は、力を分解する方向として直交する2方向（ x 軸と y 軸）を考えている。しかし、力の分解は、直交する2方向（ x 軸と y 軸）だけに限定されない。直交しない任意の2方向の分解を考えることができる。第1回目の実験では、2本のばねは直交していなかったが、それらの方向に力が分解できた（分力が存在していた）ことを忘れてはいけない。

- (4) 力の分解の**演習**：テキスト第1章の問題演習1から、問題1-8に次の手順で取り組む。（考える物体は静止していなくてもよい。物体が運動している場合は、図に描かれた瞬間を考えれば全く同じである。）

手順1： x 軸方向の分力を $\vec{f}_1$, y 軸方向の分力を $\vec{f}_2$ とすると、重力 $\vec{F}$ が $\vec{F} = \vec{f}_1 + \vec{f}_2$ と表せることを、上の説明から理解する。

手順2：ベクトル和として $\vec{F} = \vec{f}_1 + \vec{f}_2$ と表せるということは、分力 $\vec{f}_1$ と $\vec{f}_2$ の矢印を2辺とする平行四辺形を作図すれば（ $\vec{f}_1$ と $\vec{f}_2$ の矢印の始点は重力 $\vec{F}$ の始点と同じ位置）その平行四辺形の対

角線が重力 $\vec{F}$ の矢印に一致するということである。これを踏まえて、分力 $\vec{f}_1$ と $\vec{f}_2$ を作図する。
(定規などを使い、丁寧に作図すること。)

手順3: 分力の図から、重力 $\vec{F} = (F_x, F_y)$ の成分を求める。(必要があれば、テキスト第18章を参照。)

(5) 力のつり合い (p.2): 2回目のプリントの項目1-(13)を復習。

物体に複数の力が働いているにも関わらず「物体が静止し続ける(あるいは速度一定のまま移動し続ける)」場合には、合力がゼロベクトル $\vec{0}$ になることが実験的に知られている。(この実験事実は、テキスト第5章を学ぶ際に、慣性の法則としてまとめる。)

注意: 力がつり合わない場合(合力がゼロベクトルでない場合)、物体は速度が変化(速くなったり遅くなったり運動の向きが変わったり)するような運動を行う。これを加速度運動という。加速度運動は、テキスト第5, 6章の運動方程式を扱う授業で詳しく考える。

(6) 力のつり合いの**演習1**: p.8 の例題2.1の設定を次のように変えて取り組む。作図もすること。

設定: $T = 50$ [N] の張力を水平より 60° 上向きに加えたとする。項目(4)を参考にして、張力の水平方向の分力の大きさ、鉛直方向の分力の大きさを、それぞれ求めよ。(1)(2)(3)で大きさと向きを答えよ。
【張力の大きさが何 [N] より大きくなると動き始めるか? (難しい)】

(7) 力のつり合いの**演習2**: テキスト第2章の問題演習2から、問題2-7の問(2)に次の手順で取り組む。

手順1: 図の重力を $\vec{F}$, 糸1の張力を $\vec{T}_1$, 糸2の張力を $\vec{T}_2$ として、力のつり合いを表すベクトルの式(テキスト p.2 を参照)を書く。

手順2: 手順1を式変形して、2本の糸の張力の合力 $(\vec{T}_1 + \vec{T}_2)$ が、重力の逆の力 $-\vec{F}$ になることを理解する。

手順3: 2本の糸の張力の合力(重力の逆の力) $-\vec{F} (= \vec{T}_1 + \vec{T}_2)$ を作図する。

手順4: 手順3で作図した張力の合力 $-\vec{F}$ を2本の糸の方向に分解する作図をする(糸に沿った辺で構成されて、 $-\vec{F}$ が対角線になるような平行四辺形)。

手順5: 手順4で作図した平行四辺形で2本の糸に沿った辺で、求める張力 $\vec{T}_1$, $\vec{T}_2$ を表すベクトル(矢印)が分かる。少なくとも、この作図までは確実に理解することが必要である。

手順6: 水平右方向を x 軸、鉛直上方向を y 軸とする。三角比を利用して、重力 $\vec{F} = (F_x, F_y)$, 張力 $\vec{T}_1 = (T_{1x}, T_{1y})$ と $\vec{T}_2 = (T_{2x}, T_{2y})$ の各成分を求める。
(参考: $\sin(30^\circ) = \cos(60^\circ) = 1/2$, $\cos(30^\circ) = \sin(60^\circ) = \sqrt{3}/2$)

手順7: 3つの力の各成分の和(合力の各成分)がゼロになるように、力のつり合いの式を立てる。連立方程式を解いて、 $\vec{T}_1$ と $\vec{T}_2$ の大きさ(強さ) T_1 と T_2 を求める。

別解法(手順5から続く)
手順6': 三角比(第18章)を利用して、図形的に、 $\vec{T}_1$ と $\vec{T}_2$ の大きさ(強さ) T_1 と T_2 が計算できる。

注意: 記号の添え字の書き方に注意。 T_{1x} などの右下に小さめについている添え字 $1x$ は「糸1の張力の x 成分」という意味を持っている。 T_{1x} などと大きく書くと、 $T \times 1 \times x$ という掛け算と区別がつかなくなるので、 T_{1x} と添え字は、小さく、位置を下にずらして書く必要がある。他の人が見て判別できることが重要である。

(8) 記号は適切に使い分けること: ここまでで、ベクトルの記号 $\vec{F}$, ベクトルの大きさの記号 F または $|\vec{F}|$, ベクトルの成分の記号 F_x (あるいは F_y), 成分表示 (F_x, F_y) , そして添え字の書き方, が出てきた。これらの記号を適切に使い分けて答案を作成することを、学生の皆さんには要請します。記号の使い方は基本的に世界の共通事項となっているので、記号の使い方が不適切な答案は不正解とする、あるいは減点となる。