

授業後にノートの写真の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)(3回目)

第2回授業 レポート課題 <第3回目の授業の初めに小テストを行う>

テキストの問題 16-1(1)(4)(5)(8) [p.72] と問題 23-1, 23-2, 23-3 [p.93] を解け。問題 1-5(1)(2) [p.4] を解け。さらに原点 O が力の作用点であるとして、 $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}$ を作図する。xy 軸を描いて、1 目盛り 1 [N] とせよ。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。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。答案作成力も見る。(問題演習 16,23 ⇒ 旧版は演習問題 15,22)

答案作成の注意：完成度の高いレポート答案は、期末テストを採点・成績評価する際に、参考にする（プラス α する）場合がある。レポートは、たとえ間違えてもよいので、まじめに取り組むことを評価する。
提出×切：答案用紙を、次週の水曜日（13：00）までに提出（通常通り）
提出場所：D0308（原科）研究室前のレポート提出用の木箱
注意事項：返却しないので、自分の答案をノートに記入するか、コピーをとって、次の授業に持ってくる。

ノート提出（写メ）
0.5 点 翌日 13 時まで



第3回 基本的な力の法則～有効重力、バネの力、摩擦力：テキスト第2章

1. 今回の授業の目的

力は、第1回目の実験で確認した性質（合力や分力は平行四辺形の法則に従う）を持つ。この力の性質を正確に理解するには、数学のベクトルを利用するのが最も都合がよいことを確認した（前回の授業）。そこで今回の授業の目的は、代表的な力の向き、大きさ（強さ）、作用点を決める法則を理解し、（経験に基づいて）覚えることである。

2. 授業の進行：テキスト第2章とこのプリントを合わせて理解を深める

- (1) 力の法則：ただ「力」と言った場合、それは「物質」や「動物」などと同様に一般的な名称であり、具体的な種類は特定されていない。力にも様々な種類がある。しかし、どんな種類の力にも、向きと大きさ（強さ）があり、力は必ずベクトルとして表される。ただし、その力のベクトル（矢印）の向きと大きさ（そして作用点）がどう決まるかは、力の種類ごとに異なっている。力の向き、大きさ、作用点を決める法則を「力の法則」という。
- (2) いろいろな力（第2章 p.6～7）：力の法則は、力の種類ごとに実験によって決められている。テキストに①重力から⑤ばねの弾性力について力の法則の説明がある。それらには以下の点に注意が必要である。
注意1：

①重力から④抗力までの説明文に登場する式（下にまとめる）は…

$$\begin{aligned} & \text{①重力の「大きさ」 } F = mg \quad \text{②万有引力の「大きさ」 } F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \\ & \text{③張力の「大きさ」 } T \left[= mg \dots \begin{array}{l} \text{テキストの図の物体の質量が } m \text{ で、} \\ \text{地表でつり合っているとした場合。} \end{array} \right] \\ & \text{④} \left\{ \begin{array}{l} \text{垂直抗力の「大きさ」 } N \left[= mg \dots \begin{array}{l} \text{テキストの図の物体の質量が } m \text{ で、} \\ \text{地表でつり合っているとした場合。} \end{array} \right] \\ \text{最大（静止）摩擦力の「大きさ」 } f = \mu N, \text{ 動摩擦力の「大きさ」 } f' = \mu' N \end{array} \right. \end{aligned}$$

これらは「力の大きさ」だけを表しており、向きも含めたベクトル $\vec{F}$, $\vec{T}$, $\vec{N}$, $\vec{f}$, $\vec{f}'$ ではない。これらの力の向きと作用点を、それぞれの図をよく見て（描いて）理解せよ。そして、力の向きを把握してから、上記の大きさの公式と合わせると、ベクトル $\vec{F}$, $\vec{T}$, $\vec{N}$, $\vec{f}$, $\vec{f}'$ の成分が計算できる。

注意2：

g , G の単位は、力の単位が [N] (= [kg・m/s²]) であることから求まる。摩擦係数 μ , μ' は単位なし [1] であることも、上の ④ の式から分かる。（逆に比例定数の単位を見ると公式が分かる。）

注意3：

①重力と②万有引力の作用点は、物体の重心である。③の張力の作用点は、糸と物体の接合点である。④抗力において、摩擦力は実際は「面と物体が接触する面の全体（接触面の全ての点）」に（物体を引く力 $\vec{F}$ と逆向きに）働くが、テキストの図では代表的に接触面の中央付近に摩擦力 $\vec{f}$ の矢印の始点を置

いて描いている。また、垂直抗力も実際は「面と物体が接触する面積の全体（接触面の全ての点）」に面と垂直な向きに働くが、テキストの図では代表的に接触面の中央付近に垂直抗力 $\vec{N}$ の矢印の始点を置いて描いている。

注意 4：

地表付近で、重力の向きを鉛直下向き（逆向きを鉛直上向き）、重力と直交する方向を水平という。

注意 5：

⑤ばねの弾性力の説明に登場するフックの法則 $F = -kx$ は（マイナス符号がついていることから想像できるが）、大きさではなく、力のベクトル $\vec{F}$ の x 成分を表す。力の向きは $F > 0$ で x 軸の正方向、 $F < 0$ で x 軸の負方向である。（ x 軸の設定はテキストの図を参照。図の設定では $F_x = -kx$ と書く方が誤解はない。）また、ばね定数 k の単位は力の単位が [N] であることから求まる。

注意 6：

①重力と ②万有引力は同じ力である。②の力の大きさの式 F で m_1 を地球の質量、 r を地球の半径とすると、 $F \div 9.8 m_2$ となり、①で地表付近の重力が良く説明でき、②を用いるよりも簡単である。テキスト p.9 の問題 2-6 を見よ。（物理の専門用語としては、②を「重力」と呼ぶことがある。宇宙開発に関連した仕事に関心があれば、重力が②の意味でも使われることを心に留めておくとうい。）

- (3) 圧力と浮力 (p.7～8)：これらの説明文に登場する式も力の大きさの式であることに注意。（発展項目）
- (4) 力学1における優先順位：この科目では、①の重力、③の張力、④の抗力、⑤のばねの弾性力、の4つを優先的に理解して覚えることを、学生の皆さんに要請します。この4つは試験で問う必須項目です。
- なお、次のレベルとして、圧力を理解し覚えることを強く勧めます。さらに次のレベルとして、②の万有引力と、浮力を理解し覚えることを勧めます。（圧力、万有引力、浮力はこの科目の試験では問わないが、他の科目で関連したり、一般常識として問われる場合がある。）

(5) 演習 1：⑤ばねの弾性力について

- (1)テキスト p.7 の図に対して、バネが縮んだ状態の図を描き、ばねの弾性力 $\vec{F}$ のベクトル（矢印）を描き込め。（テキストの図は、ばねが伸びた状態の図である。）さらに、ばねが伸びた状態と縮んだ状態で、ばねの力 $\vec{F}$ の向きがどう変わるかを、フックの法則 $F_x = -kx$ の符号と関係させて説明せよ。
- (2)問い(1)で描いた図で、ばね定数を $k = 3.0$ [N/m] とし、物体が自然長の位置より15 [cm] 縮んだ位置に静止している。物体に働くばねの弾性力の大きさはいくらか。
- (3)ばね定数が80 [N/m] のばねを2.0 [N] の力を加えて引っ張るとき、ばねは何 [m] 伸びるか。
- (4)あるばねに60.0 [N] の力を加えて引っ張ると、ばねは0.050 [m] 伸びた。このばねのばね定数はいくらか。

(6) 演習 2：p.8 の例題 2.1 に取り組む。作図もすること。追加の問いも加えて答えよ。

- 追加：(1)重力の向き (2)垂直抗力の向き (3)摩擦力の向き
- (4)糸の張力を徐々に強くする。何 [N] より大きくなると動き始めるか。
面の動摩擦係数を0.45とする。
 - (5)問い(4)の値より大きい張力で引くとき、物体に働く動摩擦力の大きさはいくらか。その向きも答えよ。
 - (6)問い(5)の後、糸で引くのを止め、そのまま物体を右方向に滑らせた。滑っている物体に働く動摩擦力の大きさはいくらか。その向きも答えよ。

時間があれば以下にも取り組む。

(7) 演習 3：テキスト p.6～7 の①⑤の力をベクトルとして表せ（成分を求めよ）。ただし、 xy 座標は以下のように設定せよ。（ x 軸と y 軸をテキストの図に描き込むとよい。）

- ①重力： x 軸は図の水平右向きを正とし、 y 軸は鉛直上向きを正とする。原点はどこでもよい。この設定で、重力 $\vec{F} = (F_x, F_y)$ の成分を決める。
- ⑤ばねの弾性力： x 軸は図のとおりで、 y 軸は図の上向きを正とする。ただし、原点 O はばねの自然長の位置であることに注意。この設定で、ばねの力 $\vec{F} = (F_x, F_y)$ の成分を求める。