

「工業系の力学」第1章 問題解答

1-1 ドリル問題

問題1

はさみ、シーソー、くぎ抜き、自転車のブレーキ部分、自動車のブレーキペダル、洋はさみ、缶切り、ラジオペンチ、栓抜き、くるみ割り器、蟹割り器、穴あけパンチ、空き缶つぶし器、ピンセット (答)

問題2

雪とそりの間の摩擦が小さいので抵抗の力があまり働かないから。(答)

<参考>

スキーマの試合などで、温度や雪質によってすべりの違いの出るワックスをスキーマの裏に塗ることによって勝負が分かれるなどという解説がある。摩擦を小さくする技術もどんどん開発されている。

問題3

大きい子供はシーソーの前の方、小さい子供はできるだけ後ろの方に座ると釣り合いをとることができる。

<理由> てこの原理を思い出せばよい。大きい子供は前の方に座って重力の中心との距離を増やすことにより支点周りに回そうとする作用を小さく抑え、小さい子供は後ろに座って支点と重力の中心との距離を増やすことにより、回そうとする作用をできるだけ大きくする。

問題4

歯車とチェーンが組み合わされて回転する力を伝えている(下記の問題6の図も参照)。

ばねは、サドルの下にタイヤからの衝撃を和らげるために使われている。(答)

問題5

昔の時計、おもちゃの自動車のギアボックス、自動車、風車の羽の軸と発電機をつなぐ部分、など。(答)

<参考>

風車では羽のゆっくりした回転を歯車を組み合わせた装置で早い回転数にして発電機を回すことによって発電をしている。おもちゃの自動車ではモーターの早い回転を遅くして回転する力を大きくして進む力を出している。

問題6 [問題4と6の解答]



問題 7

くさび，ドアストッパー，水容器の栓，ネジ式のアクチュエーター，など。(答)

問題 8

クレーン，ウィンチ，井戸の水くみ上げ装置，カーテンのひもの部分，など。(答)

1-1 演習問題

1.

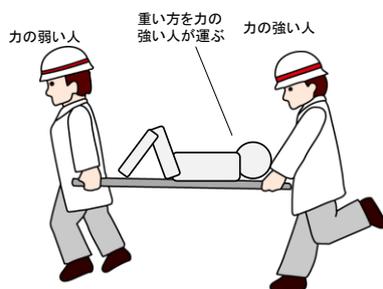
歯車の半径が大きくなると，チェーンが歯車の周りを移動するとき，歯車の回転角度が小さくなる．車輪の半径が同じなので回転角が小さくなると，タイヤの進む量が小さくなる．

タイヤの外周に対し歯車が大きいか小さいかで，車輪の軸に対して力を与える位置が違ってくる．この距離がタイヤを回す力に比例し，回転速度に反比例するから。(答)

2.

太いと大きな力を出すことができる．この原理と同じで，握りの太いほうが，ねじ回しの中心からの距離が大きくなるからである。(答)

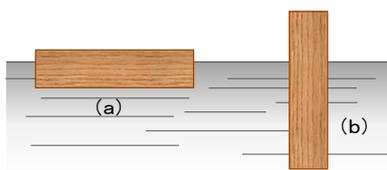
3.



4.

左右に手を広げることで左右のバランスのずれの割合を小さくできるから。(答)

5.



浮力の中心が(a)では傾いた方向にずれて元に戻そうとする力が働くのに対し，(b)では傾いた向きと反対の向きにずれ，ますます傾く方に働くから。(答)

1-2 ドリル問題

問題1

空気抵抗がないとすると、両者の加速度は $g=9.8\text{m/s}^2$ で同じである。したがって、速度 0 から落ち始めるとすると到達時間は同じになる。

$$s = \frac{1}{2}gt^2$$

$$\frac{1}{2}9.8t^2 = 634$$

$$t = \sqrt{\frac{634}{4.9}} = 11.375\text{s}$$

$$v = gt = 9.8 \times 11.375 = 111.475 \approx 110\text{m/s} \quad (\text{答})$$

空気抵抗は断面積に比例すると考えられるので、密度の小さいプラスチック球の方が断面積が大きく抵抗が大きい。よって、加速度は「重力-抵抗力」に比例するので、プラスチック球の加速度の方がより小さくなり、到達時間はより大きくなる。(答)

問題2

重力は変わらないので、背中力の大きい筋肉と腕の小さい筋肉では持っている能力に対して必要な負荷が変わるため。(答)

問題3

$$\bar{v} = \frac{10.3 \times 1000}{15 \times 60} = 11.44 \approx 11.4\text{m/s} \quad (\text{答})$$

問題4

$$\bar{a} = \frac{(40-30) \times 1000 / 3600}{10} = 0.278 \text{ m/s}^2 \quad (\text{答})$$

問題5

反力は人と子供とスーツケースのすべての重力に等しいので

$$R = (70 + 20 + 20) \times 9.8 = 1078 \text{ N} \quad (\text{答})$$

問題6 (解答例)

自転車のサドル、ベッド、: 体の受ける力を平均化する。変形することにより衝撃を弱める。

昔のねじ式の時計: ばねを変形させて元に戻ろうとする力(エネルギー)を利用している。

エンジンの吸気弁にあるばね: 元に戻ろうとする力を使って、押すほうには力を加えて開ける必要があるが、何もしないと自然に元に戻るようになっている。

電気のスイッチ: スイッチを ON か OFF のどちらかになるように抑える。(中途半端な状態にならないように工夫がされている。調べてみると面白い)

問題 7

質量を m とすると、

$$mg = 9.8 \times 0.05 \quad (\text{答})$$
$$m = 0.05 \text{ kg}$$

問題 8 (解答例)

長い棒を持ち上げるとき、真ん中を持ち上げると (力の作用点が真ん中)、全体が持ち上げられるが、端を持ち上げると (力の作用点が端)、片側のみ持ち上がり、もう一方は持ち上がらない。力の作用点の位置によって挙動が明らかに違う。

問題 9

$$T = \frac{2}{20} + \frac{1}{4} = 0.35 \text{ 時間} = 21 \text{ 分} \quad (\text{答})$$

問題 10

$$\frac{15}{60} = \frac{x}{20} + \frac{3-x}{4}$$
$$x = 2.5 \text{ km} \quad (\text{答})$$

1-2 演習問題

1.

下から 5 個目と 6 個目の面のの上に働いている重力と同じ反力が下から働いているので

$$F = 0.1 \times 5 \times 9.8 = 4.9 \text{ N} \quad (\text{答})$$

1 番下の積木と床の間に働いている力は

$$F = 0.1 \times 10 \times 9.8 = 9.8 \text{ N} \quad (\text{答})$$

2.

5 秒後の速さは、距離を微分して求まるので

$$\frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} gt^2 \right) = gt = 9.8 \times 5 = 49 \text{ m/s} \quad (\text{答})$$

落下距離は、与えられた式に数値を代入して

$$x = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 5^2 = 122.5 \approx 123 \text{ m} \quad (\text{答})$$

3.

100kgf=980 N, 質量は 100 kg, したがって

$$a = \frac{980}{100} = 9.8 \text{ m/s}^2 \quad (\text{答})$$

4.

それぞれのばねに 100N の力が作用するので、それぞれ 0.01m 伸びる。全体では、0.03m=3 cm のびる。(答)

同じばねを 3 つ直列につなぐと、同じ力で伸びが 3 本分 (3 倍) となり、全体としてばね定数が 1/3 になる。

5.

直列につないだ場合、それぞれのばねの伸びを足して、全体の伸びは

$$1 \times g / 10 + 1 \times g / 2 = 1.47 \text{ cm} \quad (\text{答})$$

並列につないだ場合、それぞれのばねの伸びを x cm とすると、力のつりあいより

$$1 \times g = 10x + 20x$$

$$x = \frac{9.8}{30} = 0.327 \text{ cm} \quad (\text{答})$$

1-3 ドリル問題

問題 1

(1) LT^{-2} (2) $M LT^{-2}$ (3) ML^2T^{-2} (4) $ML^{-1}T^{-2}$ (5) ML^2T^{-2}

問題 2 (解答例)

下り坂では逆に重力の坂に沿った成分が進む方に働くので、進むために必要な力が少なくてすみ、上り坂では重力の坂に沿った成分が進行と反対向きに働くのでこの力に対抗する力を余分に加えなければならないから。

問題 3

$$1.3 \times 0.4536 \times 9.8 = 5.78 \text{ N} \quad (\text{答})$$

問題 4

$$\text{絶対誤差は } 100/3 - 33.3 = 0.1/3 = 0.033333 \dots \doteq 0.033 \quad (\text{答})$$

$$\text{相対誤差は } \frac{100/3 - 33.3}{100/3} = \frac{0.1}{100} = 0.0010 \quad (\text{答})$$

問題 5

$$100 \text{ 万} \times 1000 \text{ kgf} = 10 \text{ 億 kgf} = 1 \times 10^9 \text{ kgf} \quad (\text{答})$$

問題 6

$$0.001 \text{ mm} \quad (\text{答})$$

問題 7

$$1 \text{ N/mm}^2 = 1000000 \text{ Pa} = 10^6 \text{ Pa} = 1 \text{ MPa} \quad (\text{答})$$

問題 8

一番精度の低い報告は小数点以下一桁なので

$$W = 5.17 + 1.26 + 19.1 = 26.53 = 26.5 \text{ kgf} \quad (\text{答})$$

問題 9

$$S = \frac{\pi}{4} 3.52^2 = 9.7314 \dots = 9.73 \text{ cm}^2 \quad (\text{答})$$

問題 10

$$V = 3.25 \times 5.01 \times 135.76 = 22105. \dots = 2.21 \times 10^3 \text{ cm}^3 \quad (\text{答})$$

質量は

$$M = \rho V = 0.79 \times 2.210 \times 10^3 = 1.746 \times 10^3 = 1.7 \times 10^3 \text{ g} \quad (\text{答})$$

1-3 演習問題

1.

重力の接線方向の成分は, $mg \sin \theta$

後方に $a = 0.98 \text{ m/s}^2$ の加速度を得るための空気抵抗を $F[\text{N}]$ とすると

$$F - mg \sin \theta = ma$$

よって

$$F = mg \sin \theta + ma = 100 \times 10^3 (0.98 + 0.98) = 196 \times 10^3 \text{ N} = 2.0 \times 10^5 \text{ N} \quad (\text{答})$$

等速度で降下する場合, 加速度 $a = 0$ なので,

$$F = mg \sin \theta = 98 \times 10^3 \text{ N} \quad (\text{答})$$

2.

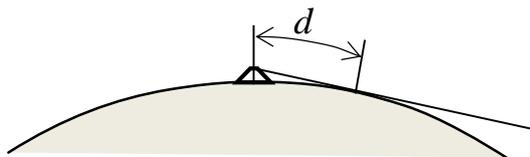
A 君の体重は, 55.65~55.75kgf

B 君の体重は, 66.25~66.35kgf

体重の合計は, 121.90~122.10kgf

よって考えられる絶対誤差は, 0.1 kgf 相対誤差は, $0.1/122 = 0.0820\%$ (答)

3.



標高 0m の地点に接線をひくと図のようになる。この接点と富士山の距離は, 中心角を θ とすると,

$$\frac{R}{\cos\theta} - R = 3.776$$

$$\cos\theta = \frac{R}{R+3.776}$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{R}{R+3.776} = 0.03440$$

よって、海面上の距離は $d = R\theta = 6378 \times 0.03440 = 219.4 \text{ km}$ (答)

4.

(1) $d = 340 \times 2 = 680 \text{ m}$ (答)

(2) 光が到達するのに要する時間は $t = 680 / 300000000 = 2.27 \times 10^{-6} \text{ s}$

相対誤差は $2.27 \times 10^{-6} / 2 = 1.14 \times 10^{-6}$ (答)

5.

体重の誤差は、四捨五入をしたとして 0.05 kgf 、荷物と合わせた重さの誤差は同様 0.05 kgf なので、最大の誤差は 0.1 kgf となる。したがって、相対誤差は

$$\frac{0.1}{5} = 0.02 = 2\% \quad (\text{答})$$

となる。