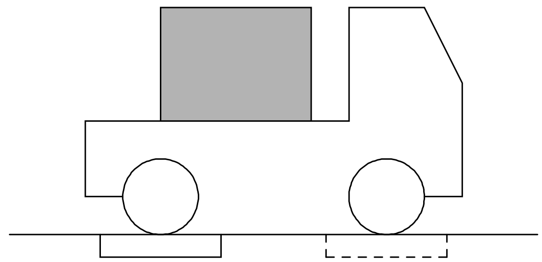
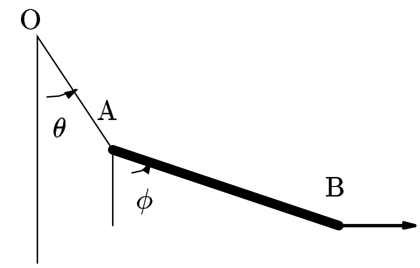
トレーニング A

A1 積荷を積んだトラックがある．床に埋め込んだ秤に最初前輪を乗せて測ると 1200 kgf，次いで後輪を乗せて測ると 600 kgf であった．トラックの全重量はいくらか．また，トラックの質量中心は前輪から測って，両車輪間距離の何分の一の所にあるか．[7]



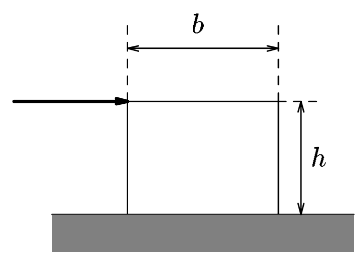
A2 大きさの等しい 2 力を互いに平行で逆向きに加えるとき，この力の組を**偶力**と言う．長さ 0.30 m の棒の両端に大きさ 20 N の偶力を加えると，力のモーメント（偶力のモーメント）は 5.2 N·m であった．加えた力の方向は棒に対して角度何度になってたか．[8]

A3 質量 m，密度一様な棒 AB の一端 A に糸をつけて固定点 O からつるし，他端 B を水平な力 F で引きつりあわせたとき，糸，および，棒の鉛直線となす角 θ，ϕ の tan を求めよ．重力加速度の大きさは g とおけ．[9]



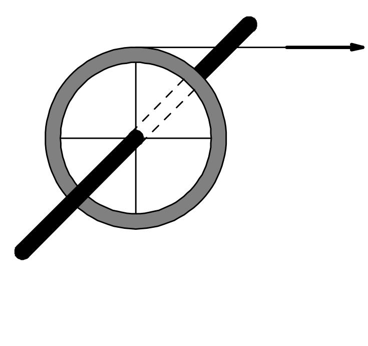
A4 水平面においた高さ h，幅 b の箱の上面の沿った水平な力を加え, しだいに大きくして行ったとき，箱が

(1) 倒れる前に滑り出す条件と，(2) 滑る前に倒れる条件を求めよ．ただし，床と箱の間の静止摩擦係数を μ_0，$\dfrac{b}{2h} = \mu_1$ とおく．[10]



A5 円の中心に円の面と直角に軸を取り付けた半径 5.00×10^{-1} m の円輪の輪の部分の質量は 1.60×10 kg で，軸と輪をつなぐ部分の質量は無視できる．円輪にロープを巻きつけ，ロープの端を 1.00×10 N の一定力で 4.00 s 間引いた．ただし，円輪は最初静止していたとする．

(1) 円輪の慣性モーメントを求めよ．
(2) 円輪の角加速度を求めよ．
(3) 円輪の回転の運動エネルギーを求めよ．



---

[7] A1 の答：1800 kgf，$\dfrac{1}{3}$

[8] A2 の答：60°

[9] A3 の答：$\tan\theta = \dfrac{F}{mg}$，　$\tan\phi = \dfrac{2F}{mg}$

[10] A4 の答：(1) $\mu_0 < \mu_1$．(2) $\mu_0 > \mu_1$．

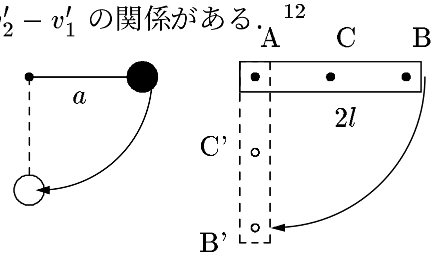
(4) 円輪の角運動量を求めよ．[11]

トレーニング B

B1 直線上の 2 粒子の場合には，(4.17) 式の右辺の第 2 項：質量中心の対する相対運動エネルギーの和は，

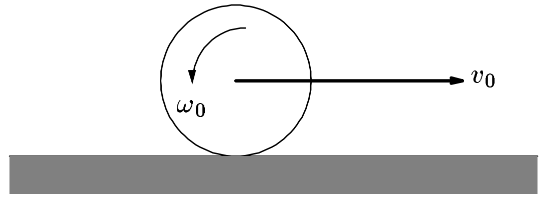
$$\frac{1}{2}m_1 {v'_1}^2 + \frac{1}{2}m_2 {v'_2}^2 = \frac{1}{2}\mu v_{\mathrm{r}}^2$$

と変形できる．μ の値を求め，この式を導け．ただし，ここで μ は相対運動の**換算質量**，v_{r} は粒子 1 に対する粒子 2 の相対速度で，$v_{\mathrm{r}} = v_2 - v_1 = v'_2 - v'_1$ の関係がある．[12]



B3 (1) 先端に質量 M のおもりを付けた質量の無視できる糸の長さ a の振り子を，糸が水平となる位置から初速 0 で放したとき，最下点におけるおもりの速さ v を求めよ．また，振れの角が小さいときの振り子の周期 T_1 を求めよ．
(2) 質量 M，長さ $2l$ の密度一様な棒 AB を A を支点とした振り子とした．AB が水平となる位置から初速 0 で B を放したとき，最下点における質量中心 C の速さ v_{C} を求めよ．また，振れの角が小さいときの振り子の周期 T_2 を求めよ．ただし，A 点を軸としたときの棒の慣性モーメントは $I_{\mathrm{A}} = \dfrac{4}{3}Ml^2$ である．
(3) (1)，(2) を比べたとき，a が l の何倍であるとき，$v = v_{\mathrm{C}}$ かつ，$T_1 = T_2$ となるか．この a の値を**相当振子の長さ**と呼ぶ．
(4) (2) の場合の水平から 90° 回転させる操作を，まず，質量中心を C 点から C' 点に移す並進運動をさせ，次いで C' 点を軸として 90° 回転させる操作に分離し，このとき成り立つエネルギー保存則から，C 点を軸としたときの棒の慣性モーメントは I_{C} と I_{A} の関係を求めよ．[13]

B4 質量 M，半径 r の円板を鉛直な平面内におき，右図の矢で示す向きに速度 v_0，および，角速度 ω_0 を与え円板を床の上を滑りながら運動させた．ただし，$r\omega_0 > 2v_0 > 0$ とし，床と円板との間の動摩擦係数を μ，重力加速度の大きさを g とする．また，円板に垂直な中心軸まわりの慣性モーメントは $I = \dfrac{1}{2}Mr^2$ である．



---

[11] A5 の答：(1) 4.00 kg·m^2．(2) 1.25 rad/s^2．(3) 5.00×10 J．(4) 2.00×10kg · m^2/s
[12] B1 の答：$\mu = \dfrac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$
[13] B3 の答：(1) $v = \sqrt{2ga}, T_1 = 2\pi\sqrt{\dfrac{a}{g}}$．(2) $v_{\mathrm{C}} = \sqrt{\dfrac{3}{2}gl}, T_2 = 2\pi\sqrt{\dfrac{3l}{4g}}$．(3) $a = \dfrac{3}{4}l$．(4) $I_{\mathrm{C}} = I_{\mathrm{A}} + Ml^2$

動き始めてから円板が滑らない回転となるまでの時間 t を求め，その後の円板の速度 v を求めよ．[14]

B5 自動車工学では（ただし，ここでは車輪を剛体と考え，その他もやや単純化してある.）,「クルマの駆動力：$\dfrac{T}{r}$ （T：駆動輪に働くトルク，r：車輪半径）は走行抵抗に等しい.」と考える．走行抵抗とは，いろいろな抵抗力：R（空気抵抗等）と，いわゆる加速抵抗と呼ばれる次式の右辺第 2 項の形のものとの和である．

$$\frac{T}{r} = R + \left(M + \frac{I}{r^2}\right)$$

ここで，M はクルマの全質量，α はクルマの加速度，後輪および前輪の車軸に関する慣性モーメント I_1,I_2 の和：$I = I_1 + I_2$ である．以下では後輪を駆動輪とする．

(1) 地面から後輪に働く静止摩擦力：R_1 と前輪に働く静止摩擦力：R_2 は，進行方向に対して，それぞれどちらを向くか.

(2) クルマの並進運動，後輪および前輪の回転運動，それぞれについての運動方程式を立てよ．

(3) (2) の式から R_1,R_2 を消去して，上に述べたクルマの駆動力についての式を導け..[15] [16]

---

[14] $\boxed{\text{B4}}$ の答：$t = \dfrac{v_0 + r\omega_0}{3\mu g}$，$v = -\dfrac{1}{3}(r\omega_0 - 2v_0)$

[15] $\boxed{\text{B5}}$ の答：(1) R_1：進行方向，R_2：逆向き．(2) $M\alpha = R_1 - R_2 - R$,$I_1\dfrac{\alpha}{r} = T - rR_1$,$I_2\dfrac{\alpha}{r} = rR_2$