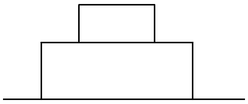
物理のこれだけはできないと「やばい」問題集

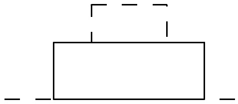
No.5
力・圧力編
ブツリヨキワメヨ

1

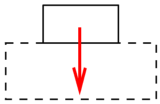
【力の見つけ方】
①注目する物体を実線で描く。
②①に触れているモノだけを点線で描く。
※触れているモノからしか力は受けないので，関係ないものは描かない。
③重力を描く。
④②から受ける力を描く。
※作用点はモノと物体が触れている点。



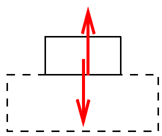
一番上の物体に働く
力を見つけたい！



触れているモノだけを
点線で描く！



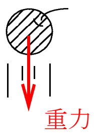
重力を描く！



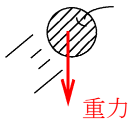
触れているモノから
受ける力を描く！

(1)

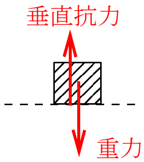
(2)



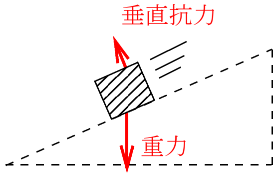
(3)



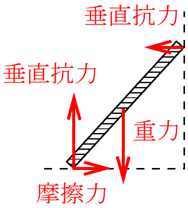
(4)



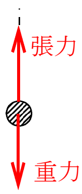
(5)



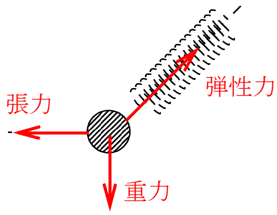
(6)



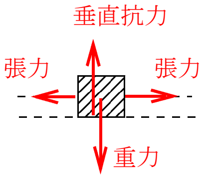
(7)



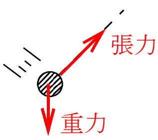
(8)



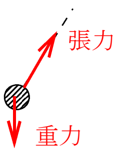
(9)



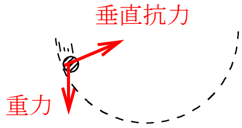
(10)



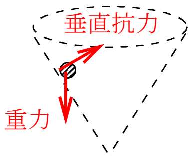
(11)



(12)

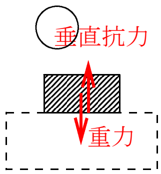


(13)

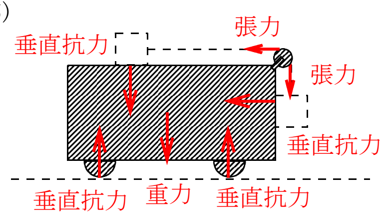


張力

(14)



(15)



※物体の運動方向は力に関係しない。力が加わることで物体は運動を始めるが，必ずしも力が運動方向を決める訳ではない。摩擦力がそのいい例である。

2

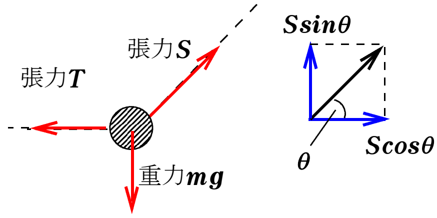
(1)　「力の見つけ方」に従って力を描くと右図のようになる。糸１の張力を $\boldsymbol{T}$，糸２の張力を $\boldsymbol{S}$ とおき，力を水平方向と鉛直方向の２方向に分解する。それぞれの方向について，力のつり合いより，

水平方向：$T=S\cos\theta$ …①

鉛直方向：$S\sin\theta=mg$…②

①式と②式から計算すると，

$S=\dfrac{mg}{\sin\theta}$，$T=\dfrac{mg\cos\theta}{\sin\theta}=\dfrac{mg}{\tan\theta}$



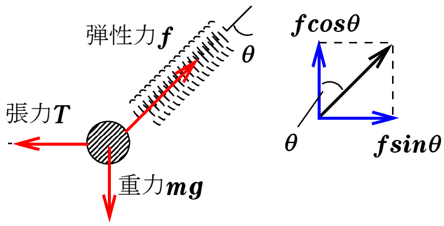
(2)　「力の見つけ方」に従って力を描くと右図のようになる。張力を $\boldsymbol{T}$，弾性力を $\boldsymbol{f}$ とおき，力を水平方向と鉛直方向の２方向に分解する。それぞれの方向について，力のつり合いより，

水平方向：$T=f\sin\theta$ …①

鉛直方向：$f\cos\theta=mg$…②

①式と②式から計算すると，

$f=\dfrac{mg}{\cos\theta}$，$T=\dfrac{mg\sin\theta}{\cos\theta}=mg\tan\theta$



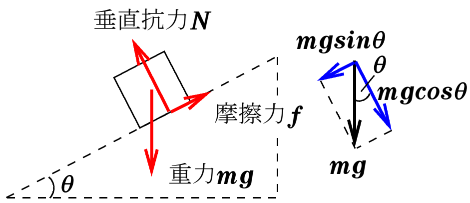
また，弾性力の伸びを x とすると，弾性力は kx と表せることから，

$\dfrac{mg}{\cos\theta}=kx\Leftrightarrow x=\dfrac{mg}{k\cos\theta}$

(2)　「力の見つけ方」に従って力を描くと右図のようになる。垂直抗力を $\boldsymbol{N}$，摩擦力を $\boldsymbol{f}$ とおき，力を斜面平行方向と斜面垂直方向の２方向に分解する。それぞれの方向について，力のつり合いより，

斜面平行方向：$f=mg\sin\theta$

斜面垂直方向：$N=mg\cos\theta$



□■物理的思考■□

慣性の法則から，物体が静止状態を続けるためには力が働いていない，または，働く力の合力が 0 になっていないといけない。床の上に置かれた物体には下向きの重力と上向きの垂直抗力が働いているので，力のつりあいの式は，

（重力）＝（垂直抗力）

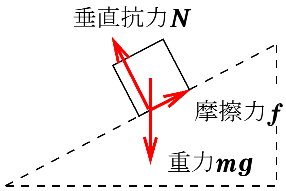
と表せばよい。つまり，上向きの力の合力と下向きの力の合力となっていればよい。

さて，力が色々な方向を向いている場合だが，「垂直な２方向に分けて」考えればよい。結局，合力は 0 となるのだから，垂直な２方向に分け，それぞれの方向で合力が 0，つまり，力がつりあっていればよい。

□■物理的思考■□

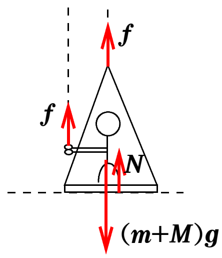
(3)の垂直抗力と摩擦力はともに床から受ける力でこの合力を抗力と呼ぶ。実は，解答の抗力の作用点は間違っている。物体が静止するためには，力のつり合いだけでは不十分で，後にならう力のモーメントのつりあいも満たさないといけない。解答の力では物体が回転してしまうので，下図のようにならないといけない。

※本問題集では見易さを優先し，今後も作用点を意識せず解答する。



3

(1)　人がロープを引いていないので，台には人および台の重力と垂直抗力しか働いていない。力のつり合いより，垂直抗力は$(m+M)g$[N]と求まる。



(2)　人がロープを f[N]の力で引くと，エレベーターおよび人に働く力は右図のようになる。台に働く垂直抗力を N として，力のつり合いより，

$N+2f=(m+M)g \Leftrightarrow N=(m+M)g-2f$ [N]

※作用反作用の関係より，人がロープを f[N]の力で引くと，同じ大きさで反対向きにロープから引っ張り返されている。この力を見落とさないようにしたい。また，「エレベーターおよび人」に働く力のつりあいなので，人がロープを引く下向きの力 f は，「ロープ」に働く力なので関係ない。

(3)　垂直抗力が 0 となる時，床は台を押していないことになるので，この時が台が床から離れる時となる。したがって，(2)の答えより，

$$(m+M)g-2f=0 \Leftrightarrow f=\frac{(m+M)g}{2} \text{ [N]}$$

□■物理的思考■□

問題文では $M < m$ という条件を与えた。これが表す条件を考えてみよう。人に働く力を考えると，重力，ロープの張力，そして，台からの垂直抗力がある。垂直抗力を R とおくと，力のつり合いは，

$R+f=mg$

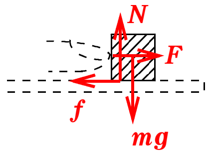
となる。エレベーターが浮くときの力 f（(3)の答え）を代入すると，

$$R=mg-\frac{(m+M)g}{2}=\frac{(m-M)g}{2}$$

となる。したがって，$M < m$ を満たしていないと，R が負の値となり，エレベーターが床から離れる前に，人が台から離れてしまうのである。

4

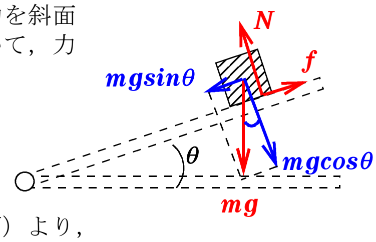
(1)　右図のような力が働くので，摩擦力を $\boldsymbol{f}$，垂直抗力を $\boldsymbol{N}$ として，力のつり合いより，



水平方向：$f=F$

鉛直方向：$N=mg$

(2)　右図のような力が働くので，摩擦力を $\boldsymbol{f}$，垂直抗力を $\boldsymbol{N}$ として，力を斜面平行方向と斜面垂直方向の２方向に分解する。それぞれの方向について，力のつり合いより，



斜面平行方向：$f=mg\sin\theta$

斜面垂直方向：$N=mg\cos\theta$

(3)　物体が滑り出す条件は最大摩擦力 μN を越えたときなので，($f>\mu N$) より，

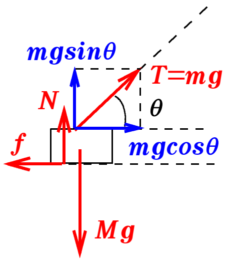
$$mg\cos\theta>\mu mg\sin\theta \Leftrightarrow \frac{\sin\theta}{\cos\theta}>\mu \Leftrightarrow \tan\theta>\mu$$

よって，滑り始めの角度を θ_0 として，

$\tan\theta_0=\mu$

5

(1)　物体Ａに働く力は右図のようになる。張力 $\boldsymbol{T}$ は容器Ｂのつり合いから考えて，容器Ｂの重力 $\boldsymbol{mg}$ と等しくなる。垂直抗力を $\boldsymbol{N}$，摩擦力を $\boldsymbol{f}$ とおくと，力を水平方向と鉛直方向に分解して，力のつりあいの式より，



水平方向：$f=mg\cos\theta$ …①

鉛直方向：$N+mg\sin\theta=Mg$…②

①式と②式より，

$f=mg\cos\theta$，$N=(M-m\sin\theta)g$

(2)　物体Ａが滑り始めた時の，容器Ｂと砂を合わせた質量を m'とすると，物体が滑り出さない条件（$f\leqq\mu N$）より，

$$m'g\cos\theta\leqq\mu(M-m'\sin\theta)g$$

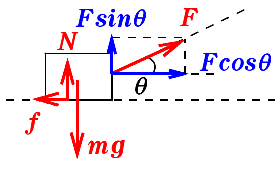
$$\Leftrightarrow m'(\cos\theta+\mu\sin\theta)\leqq\mu M$$

$$\Leftrightarrow m'\leqq\frac{\mu M}{\cos\theta+\mu\sin\theta}$$

したがって，容器Ｂと砂を合わせた質量が $\dfrac{\mu M}{\cos\theta+\mu\sin\theta}$ の時に物体Ａが滑り始める。

6

(1)　物体に働く力は右図のようになる。垂直抗力を $\boldsymbol{N}$，摩擦力を $\boldsymbol{f}$ とおくと，力を水平方向と鉛直方向に分解して，力のつりあいの式より



水平方向：$f=F\cos\theta$　…①

鉛直方向：$N+F\sin\theta=mg$　…②

①式と②式より，

$f=F\cos\theta$，$N=mg-F\sin\theta$

(2)　物体が滑らない条件（$f\leqq\mu N$）より，

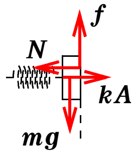
$$F\cos\theta\leqq\mu(mg-F\sin\theta)$$

$$\Leftrightarrow F(\cos\theta+\mu\sin\theta)\leqq\mu mg$$

$$\Leftrightarrow F\leqq\frac{\mu mg}{\cos\theta+\mu\sin\theta}$$

7

(1)　物体に働く力は右図のようになる。垂直抗力を N，摩擦力を f とおくと，物体が滑る直前の力のつり合いより，



水平：$kA=N$

鉛直：$mg=f$

物体が滑る直前から考えて，摩擦力 f は最大摩擦力 μN になっていると考えられるので，

$mg=\mu kA \Leftrightarrow \mu=\dfrac{mg}{kA}$

8

(1)　密度の定義は単位体積当たりの質量なので，（密度）$=\dfrac{（質量）}{（体積）}$ より求まる。したがって，

$\dfrac{30}{30\times 5.0\times 10}=2.0\times 10^{-2}$ [kg/cm^3]

(2)　圧力の定義は単位面積当たりに働く力なので，（圧力）$=\dfrac{（力）}{（面積）} \Leftrightarrow P=\dfrac{F}{S}$ より求まる。したがって，

$\dfrac{30}{30\times 10}=1.0\times 10^{-1}$ [kg 重/cm^2]

(3)　(2) と同様に，

$\dfrac{30}{30\times 5.0}=2.0\times 10^{-1}$ [kg 重/cm^2]

(4)　(2) と同様に，

$\dfrac{30}{5.0\times 10}=6.0\times 10^{-1}$ [kg 重/cm^2]

【ポイント】

重力と質量はよく混同されて覚えられている。質量は場所によって変わらないもので，月でも地球でも同じ値であり，単位は[kg]で表される。それに対して，重力は場所によって変わり，例えば，同じ質量でも，月での重力は地球での重力の６分の１倍である。こういった重力や重さと言われるものは力のグループに属する。表される単位としては，[N]や[kg 重]などがある。

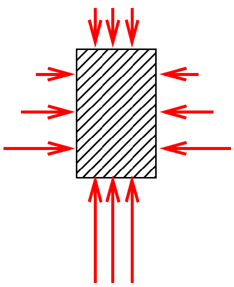
参考

1[kg]の物体に働く重力の大きさ（地球上）

1[kg 重]または **9.8**[N]（**9.8** を重力加速度といい，g で表す）

9

(1)　パスカルの原理（水圧は同じ深さでは等しく，深くなるほど大きい）より，右図のようになる。



(2)　深さ h での水圧 p は，（$P=\rho gh$）と表せるので，$P_0+\rho gh$ [Pa]となる。

(3)　(2) と同様に，$P_0+\rho gH$ [Pa]となる。

(4)　圧力の式（$P=\dfrac{F}{S}$）から，面にかかる力（$F=PS$）が求まるので，上面と下面に働く力は，

上面：$(P_0+\rho gh)S$ [N]

下面：$(P_0+\rho gH)S$ [N]

したがって，上向きの合力は，

$(P_0+\rho gH)S-(P_0+\rho gh)S=\rho gS(H-h)=\rho Vg$ [N]
となり，これが浮力となっている。

(5)　密度と体積から質量は dV [kg] と求まるので，重力は dVg [N] である。

(6)　直方体に働く力のつり合いより，（重力）＝（浮力）となる。また，求める長さを l とすると，物体が液体に浸かっている体積が Sl となることから，

（浮力）$=\rho Slg=dVg \Leftrightarrow l=\dfrac{dV}{\rho S}$ [N]

□■物理的思考■□
浮力の式は(4)で示した通り，ρVg で与えられる。ρV が表すものは密度と体積の積なので質量を表しているが，これはまわりにある液体の質量である。したがって，ρVg が表すものはまわりにある液体の重力である。ただし，ここで出ている V は，液体に浸かっている物体の体積なので，その部分にもともとあった液体の無くなった体積とも考えられる。これより，

（浮力）＝（無くなった液体分の重力）

と考えてもよい。これをアルキメデスの原理と言う。

10

(1)　圧力の式（$P=\dfrac{F}{S}$）から，

$\dfrac{10}{10}=1.0$ [g 重/cm^2]

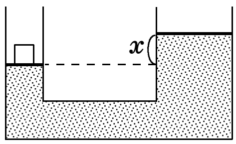
(2)　ピストンＢの圧力は，(1)と同様にして計算すると，

$\dfrac{m}{300}$ [g 重/cm^2]

同じ深さで圧力が等しくなっていることより，

$\dfrac{m}{300}=1.0 \Leftrightarrow m=3.0\times 10^2$ [g]　※大気圧は両辺ともにかかるので省略している

(3)　ピストンＢのおもりを取ると右図のようになり，図の点線の位置で圧力が等しくなるので，求める高さの差を x とおくと，

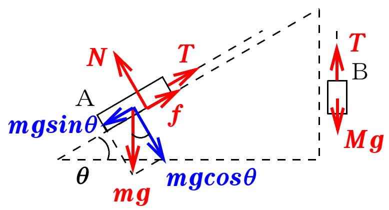


$\dfrac{\text{（点線より上にある液体の重力）}}{300}=\dfrac{2\times 300x}{300}=1.0$

$\Leftrightarrow x=0.5$[cm]

11

(1)　右図のような力が働くので，摩擦力を f，垂直抗力を N，張力を T として，力を斜面平行方向と斜面垂直方向の２方向に分解する。それぞれの方向について，物体Ａの力のつり合いより，



斜面平行方向：$f+T=mg\sin\theta$ …①

斜面垂直方向：$N=mg\cos\theta$ …②

これより，垂直抗力は $mg\cos\theta$ と求まる。

(2)　物体Ｂの力のつり合いより，

$T=Mg$…③

①式と③式から，摩擦力が $mg\sin\theta-Mg$ と求まる。

ただし，これは $m\sin\theta>M$ を満たすときであり，$m\sin\theta\leqq M$ の時は，摩擦力の向きが反対となり，大きさは $Mg-mg\cos\theta$ となる。よって，

$(m\sin\theta - M)g$　　$(m\sin\theta > M$の時$)\cdots$④

$(M - m\sin\theta)g$　　$(M \geqq m\sin\theta$ の時$)\cdots$⑤

(3)　物体Aが滑らない条件（$f \leqq \mu N$）より，
②式と④式から計算すると，
$(m\sin\theta - M)g \leqq \mu mg\cos\theta \Leftrightarrow M \geqq m(\sin\theta - \mu\cos\theta)$
②式と⑤式から計算すると，
$(M - m\sin\theta)g \leqq \mu mg\cos\theta \Leftrightarrow M \leqq m(\sin\theta + \mu\cos\theta)$
以上より，
$m(\sin\theta - \mu\cos\theta) \leqq M \leqq m(\sin\theta + \mu\cos\theta)$
※$\tan\theta > \mu$より(左辺)>0となっている。

□■物理的思考■□
　この問題では摩擦力の向きが特定できないので斜面上向きの場合と斜面下向きの場合の２通りで考えないといけないのが一番難しい点である。摩擦力を求めた時に，向きが間違っていれば自ずと負の値になることさえ分かっていれば，求めた摩擦力に絶対値をつけて$|mg\sin\theta - Mg|$としていれば，同じ答えに到達する。