物理基礎

◆本書の使い方◆

本書は，物理基礎で学習する内容を 11 単元に分け，各単元は基本例題，実戦問題演習の二部で構成されている。また，実力完成問題と総合問題を設けている。

基　本　例　題：各単元で最低限必要な基礎知識の定着をはかるために利用してほしい。目で追うだけでなく，実際に書きながら解いてみて，何も見ずに正解できるようにしておいてほしい。基本例題に沿った類題も漏れなく解けるようにしておくこと。

実戦問題演習：過去に実施されたセンター試験の問題の中から，重要と思われる問題を選んで掲載した。実際に問題に取り組みながら，知識のアウトプットに慣れていくこと。問題にはある程度パターンがあるので，問題を解くスピードを上げるためには，問題数をこなすことが不可欠である。

間違えた問題はチェックしておき，本書を一通り解き終えた後に見直しておくと，より効率よく学習を進めることができる。大学入学共通テストでは高得点を狙えるよう頑張って欲しい。

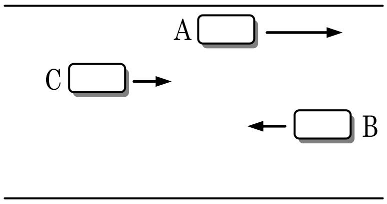
◆　も　く　じ　◆

1　速度と加速度

❶ 相対速度

基本例題１

直線道路の上を，車Ａが東，車Ｂが西，車Ｃが東へそれぞれ 20m/s，10m/s，10m/s の速度で走っている。



⑴　車Ａに対する車Ｂの相対速度はどの向きに何 m/s か。

⑵　車Ａに対する車Ｃの相対速度はどの向きに何 m/s か。

★⑶　直線道路を横切るように鳥Ｄが北へ 20m/s の速度で飛んだとき，車Ａに対する鳥Ｄの相対速度はどの向きに何 m/s か。

【考え方】　一般に，動いている物体Ａから見た他の物体Ｂの相対速度 v_{AB} は，

$$v_{AB}=v_B-v_A$$

で表され，相手の物体の速度から観測者の速度をひくことで得られる。

【解　法】　東向きを正とすると，$v_A=+20$m/s，$v_B=-10$m/s，$v_C=+10$m/s だから，

⑴　$v_{AB}=v_B-v_A=(-10)-(+20)=-30$m/s

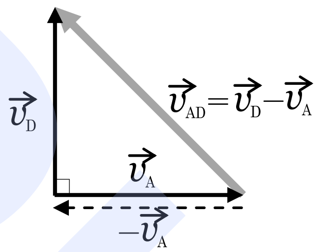
⑵　$v_{AC}=v_C-v_A=(+10)-(+20)=-10$m/s

⑶　それぞれの進む方向が一直線上にない場合であっても，Ａに対するＤの相対速度 v_{AD} は，

$$\vec{v}_{AD}=\vec{v}_D-\vec{v}_A$$

で表される速度で進むように見える。これを変形すると，

$$\vec{v}_{AD}=\vec{v}_D-\vec{v}_A=\vec{v}_D+(-\vec{v}_A)$$

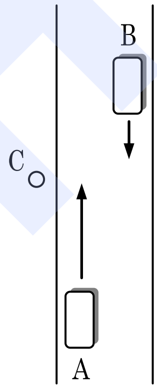


となり，右の図のようにベクトルをかくと，$\vec{v}_{AD}$ は直角二等辺三角形の斜辺にあたり，この向きは北西である。よって，$\vec{v}_{AD}$ の大きさは，

$$v_{AD}=\sqrt{2}\,v_A=\sqrt{2}\times20=1.41\times20\fallingdotseq28\text{m/s}$$

【　答　】⑴　西向きに 30m/s　　⑵　西向きに 10m/s　　⑶　北西向きに 28m/s

類　題　南北に伸びている道路に，車Ａが北に向かって速さ 25m/s で進んでおり，車Ｂが南に向かって速さ 10m/s で進んでいる。また，道路脇には人Ｃが立っている。



⑴　車Ａから見た車Ｂの相対速度はどの向きに何 m/s か。

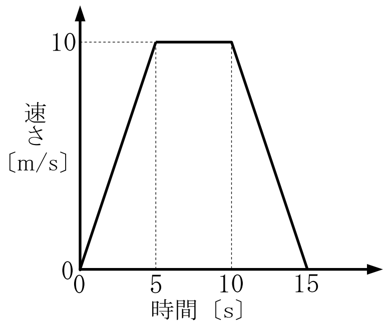
⑵　車Ｂから見た人Ｃの相対速度はどの向きに何 m/s か。

⑶　止まっていた人Ｃが道路に沿って歩き出したとする。車Ａから見た人Ｃの相対速度が南向きに 24m/s だったとき，人Ｃはどの方位に何 m/s で歩いているか。

2 等加速度直線運動

基本例題 2

右の図は，ある物体が直線上を進み始めてから止まるまでの速さと時間の関係をグラフに表したものである。



(1)　0s 後から 5.0s 後までの物体の加速度は何 m/s^2 か。

(2)　3.0s 後に物体は最初の位置から何 m 離れたところにいるか。

(3)　5.0s 後から 10s 後の間の物体の加速度は何 m/s^2 か。

(4)　10s 後から 15s 後の間の物体の加速度は，どの方向に何 m/s^2 か。

(5)　15s 間に物体が移動した距離は何 m か。

【考え方】　初速度を v_0，加速度を a とし，時間 t の間の変位を x，時間 t における速度を v とするとき，

①：$v=v_0+at$　　②：$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$　　③：$v^2-v_0{}^2=2ax$

が成り立つことを使ってもよいが，v-t グラフでは傾きが加速度，面積が移動距離を表していることを使えばスムーズに解答が求められる。

【解　法】

(1)　0s 後から 5.0s 後までのグラフの傾きを求めればよいから，$\frac{10}{5.0}=2.0m/s^2$

(2)　グラフより，$v_0=0$ だから，$x=\frac{1}{2}\times2.0\times3.0^2=9.0m$

(3)　傾きが 0 だから，$0m/s^2$(等速直線運動をしていることを表す)。

(4)　$\frac{-10}{5.0}=-2.0m/s^2$ より，加速度は進行方向と逆の向きである(減速している)。

(5)　囲まれている部分の面積を求めると，$\frac{1}{2}\times(5.0+15)\times10=100m$

【　答　】 (1)　$2.0m/s^2$　(2)　9.0m　(3)　$0m/s^2$　(4)　進行方向と逆向きに $2.0m/s^2$　(5)　100m

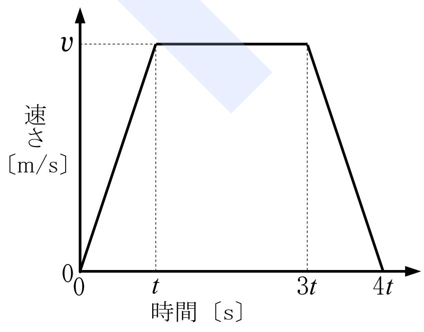
類題 1　止まっていた車が $3m/s^2$ の一定の加速度で 5 秒間加速した。その後 3 秒間は一定の速度で進み，さらにその後 $2m/s^2$ の加速度で 3 秒間加速した。

(1)　最初の加速の後での車の速度は何 m/s か。

(2)　2 回目の加速での車の最終的な速度は何 m/s か。

(3)　11 秒間に車は何 m 移動したか。

類題 2　あるエレベーターが 1 階から 3 階まで上がるのに，図で示したような速度と時間の関係で移動した。



(1)　最初の t 秒間の加速度は何 m/s^2 か。

(2)　1 階から 3 階までの高さは何 m か。

(3)　この v-t グラフから加速度と時間の関係を示すグラフ(a-t 図)をかけ。

❸ 自由落下・鉛直投げ下ろし

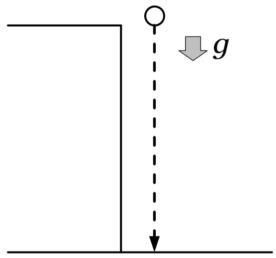
基本例題 3

ある高さのビルから地上に向けて静かにボールをはなしたところ，t 秒後にボールは地上に達した。重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。

(1)　ビルの高さは何 m か。

(2)　地面に到達する直前のボールの速さは何 m/s か。

(3)　ビルの高さの中央を通過するときのボールの速さは何 m/s か。



【考え方】　等加速度直線運動の式の加速度 a が重力加速度 g（＝9. 8m/s^2）に置き換わっただけである（変位を y とし，下向きを正とする）。

自由落下は**初速度 $v_0=0$** で落下する物体の運動のことであり（「静かにはなす」とは，初速度 0 ではなすことを示す），v_0 が鉛直下向きに存在するものが鉛直投げ下ろしである。なお，①を t について解いた式を②に代入すると，③が得られる。

①：$v=v_0+gt$　　②：$y=v_0t+\frac{1}{2}gt^2$　　③：$v^2-v_0{}^2=2gy$

【解　法】

(1)　②より，t 秒後の変位は，$y=\frac{1}{2}gt^2$

(2)　①より，t 秒後の速度は，$v=gt$

(3)　③にビルの高さの半分にあたる $y=\frac{1}{4}gt^2$ を代入して，$v^2=2g\cdot\frac{1}{4}gt^2=\frac{1}{2}g^2t^2$，$v=\frac{1}{\sqrt{2}}gt$

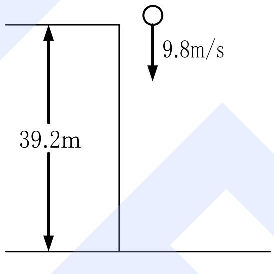
【　答　】 (1)　$\frac{1}{2}gt^2$〔m〕　(2)　gt〔m/s〕　(3)　$\frac{1}{\sqrt{2}}gt$〔m/s〕

類題 1　高さ 39. 2m の建物の屋上からボールを初速度 9. 80m/s で鉛直に投げ下ろした。重力加速度の大きさを 9. 80m/s^2，$\sqrt{5}=2.24$ とする。

(1)　ボールが地上に達する直前の速さ v_1〔m/s〕を求めよ。

(2)　ボールが地上に達するまでの時間 t〔s〕を求めよ。

(3)　ボールが建物の中央を通るときの速さ v_2〔m/s〕を求めよ。

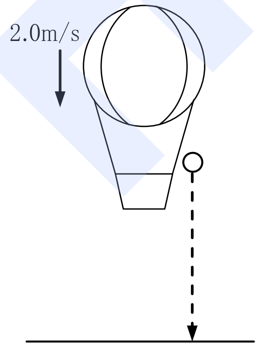


類題 2　気球が一定の速さ 2. 0m/s で下降している。そこからボールを静かに落とすと 5. 0 秒後に地上に達した。重力加速度の大きさを 9. 8m/s^2 とする。

(1)　ボールが地上に達したときの速さ v〔m/s〕を求めよ。

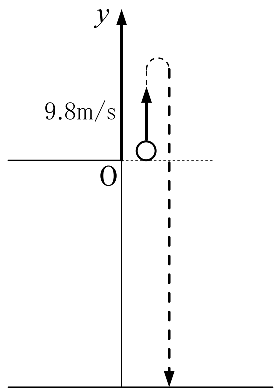
(2)　ボールを落とした時の気球の地上からの高さ h_1〔m〕を求めよ。

(3)　ボールが地上に達した時の気球の地上からの高さ h_2〔m〕を求めよ。



4　鉛直投げ上げ

基本例題 4



ビルの屋上から鉛直上向きに 9.8m/s の速さで物体を投げたら，5.0s 後に地上に到達した。重力加速度の大きさを $9.8\mathrm{m/s^2}$ とする。

(1)　物体が最高点に達するのは投げてから何 s 後か。

(2)　屋上から最高点までの高さは何 m か。

(3)　物体が地上に達する直前の速度（速さ〔m/s〕と向き）を求めよ。

(4)　ビルの高さは何 m か。

【考え方】　鉛直投げ上げの場合は**上向きを正**とするため，等加速度直線運動の式をもとに式をつくる場合，加速度 a は $-g$ に置き換わることに注意する。また，計算結果にしばしばマイナスの符号がつく場合があるが，これは向きが上とは反対（下向き）であることを理解する必要がある。

また，鉛直投げ上げにおいて，最高点に達したときの物体の速度 v は 0 であり，投げてから最高点に達するまでの時間 t_1 と最高点に達してからもとの位置に戻るまでの時間 t_2 は等しい。

①：$v=v_0-gt$　　②：$y=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$　　③：$v^2-v_0{}^2=-2gy$

【解　法】

(1)　最高点で物体の速度 v は 0 になるから，①に $v=0$ を代入して，

$0=v_0-gt=9.8-9.8t$，$t=1.0\mathrm{s}$

(2)　②に $t=1.0$ を代入して，$y=9.8\times1.0-\frac{1}{2}\times9.8\times1.0^2=4.9\mathrm{m}$

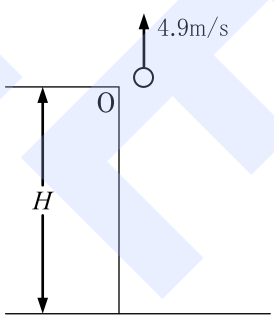
(3)　①に $t=5.0$ を代入して，$v=9.8-9.8\times5.0=-39.2\mathrm{m/s}$（負なので下向き）

(4)　②に $t=5.0$ を代入して，$y=9.8\times5.0-\frac{1}{2}\times9.8\times5.0^2=-73.5\mathrm{m}$

これは，ビルの屋上から見た地上までの変位なので，負の値になっている。

【　答　】(1)　1.0s 後　　(2)　4.9m　　(3)　鉛直下向きに 39.2m　　(4)　73.5m

類　題　高さ H〔m〕の建物の屋上から鉛直上向き方向にボールを 4.9m/s の初速度で鉛直投げ上げを行った。投げ上げてから地面に到達するまでに 3.0 秒かかった。重力加速度の大きさを $9.8\mathrm{m/s^2}$ とする。



(1)　屋上から最高点までの高さ h〔m〕を求めよ。

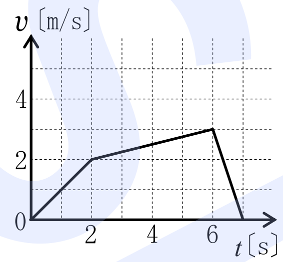
(2)　最高点でのボールの加速度の向きと大きさ〔$\mathrm{m/s^2}$〕を求めよ。

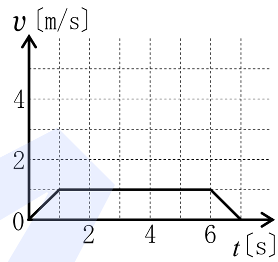
(3)　建物の高さ H〔m〕を求めよ。

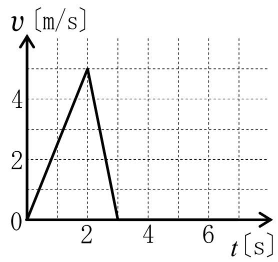
実 戦 問 題 演 習

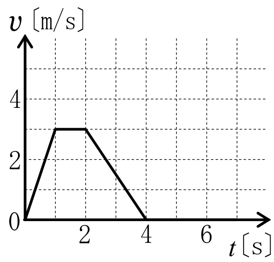
1
2002 年センター追試

次のグラフは，時刻 $t=0$s に出発して一直線上を運動する物体の速度 v〔m/s〕と時間 t〔s〕の関係を示したものである。$t=7$s での物体の位置が出発点から最も遠いものはどれか。正しいものを次の①～④のうちから一つ選べ。

①


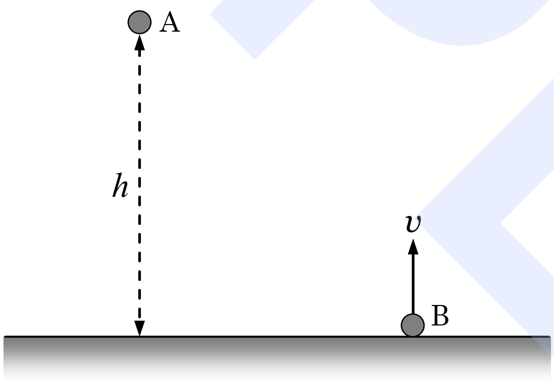
②


③


④


2
2013 年センター本試

図のように，高さ h の位置から小物体 A を静かに離すと同時に，地面から小物体 B を鉛直上方に速さ v で投げ上げたところ，二つの小物体は同時に地面に到達した。v を示す式として正しいものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし，二つの小物体は同一鉛直線上にないものとし，重力加速度の大きさを g とする。

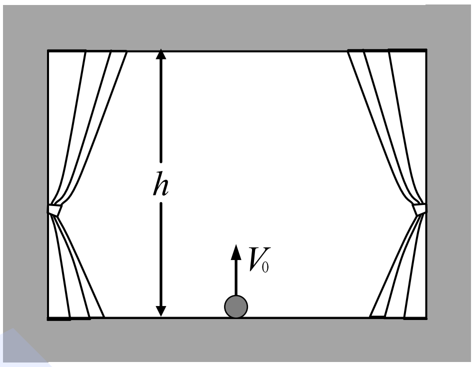


① $\dfrac{\sqrt{gh}}{2}$　　② $\sqrt{\dfrac{gh}{2}}$　　③ $\sqrt{gh}$

④ $\sqrt{2gh}$　　⑤ $2\sqrt{gh}$

3　2012年センター追試

部屋の窓を通して外を眺めていると，図のように，鉛直に投げ上げられた小物体が，窓のすぐ外側を上昇していくのが観察された。窓は鉛直で，小物体には重力のみが作用しているものとし，重力加速度の大きさを g とする。



(1)　小物体が窓の下端から上端までの距離 h を上昇するのに要した時間は T であった。窓の下端を通過する瞬間の小物体の速さ V_0 を示す式として正しいものを，次の①〜⑥のうちから一つ選べ。

① $\sqrt{2gh}-\dfrac{1}{2}gT$　　② $\sqrt{2gh}$　　③ $\sqrt{2gh}+\dfrac{1}{2}gT$

④ $\dfrac{h}{T}-\dfrac{1}{2}gT$　　⑤ $\dfrac{h}{T}$　　⑥ $\dfrac{h}{T}+\dfrac{1}{2}gT$

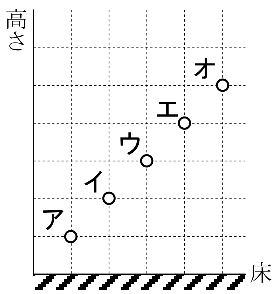
(2)　小物体は，窓の上端で視界から消えたあと，時間 T' が経過した後に再び窓の上端に現れて落下していった。T' を V_0 と T を用いて表す式として正しいものを，次の①〜⑥のうちから一つ選べ。

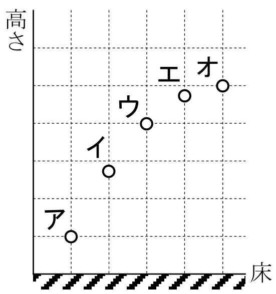
① $2T-\dfrac{2V_0}{g}$　　② $\dfrac{2V_0}{g}-2T$　　③ $\dfrac{2V_0}{g}+2T$

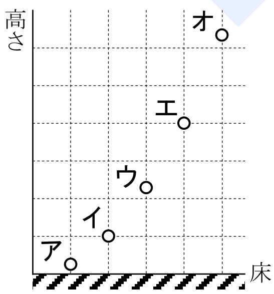
④ $T-\dfrac{V_0}{g}$　　⑤ $\dfrac{V_0}{g}-T$　　⑥ $\dfrac{V_0}{g}+T$

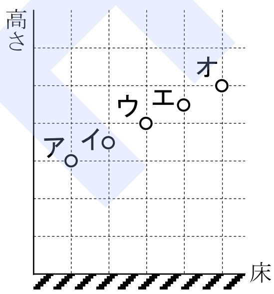
4　2003年センター本試

5個の小球**ア〜オ**を時刻 $t=0$ で異なる高さから初速度0で同時に落下させたところ，$t=0$ から等しい時間間隔で，小球が順に床に衝突した。$t=0$ で，それぞれの小球はどのような高さにあったか。最も適当なものを，次の①〜④のうちから一つ選べ。ただし，空気抵抗は無視できるものとする。

①


②


③


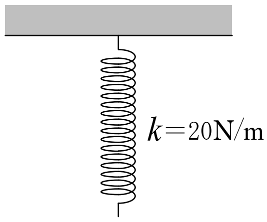
④


2　力のつり合い

❶ ばねの弾性力

基本例題 5

ばね定数が 20N/m のばねを用意し，一端を天井に固定した。重力加速度の大きさを 9.8m/s² とする。



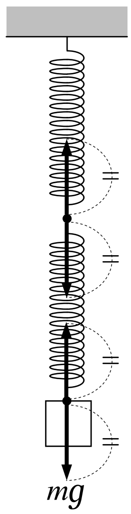
(1)　ばねに 1.0kg のおもりをつるしたとき，ばねの伸び x は何 m か。

(2)　ばねの伸びを 9.8cm にするためには，何 kg のおもりをつるせばよいか。

(3)　同じばねを縦につなぎ，天井に固定したばねを A，ばね A につり下げたばねを B とする。ばね B に 1.0kg のおもりをつるしたとき，それぞれのばねの伸びは何 m か。

【考え方】　弾性力の大きさ F〔N〕は，もとの長さ(自然長)からの伸び(または縮み)x〔m〕に比例する(**フックの法則**)。

$F=kx$　(k はばね定数〔N/m〕)



【解　法】

(1)　フックの法則より，$1.0\times9.8=20\times x$，$x=0.49$m

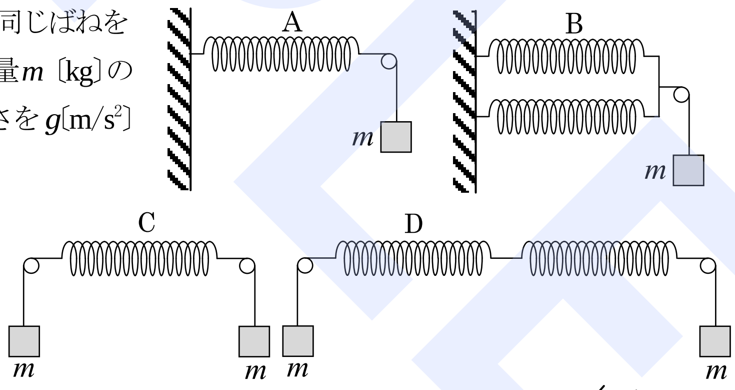
(2)　9.8cm$=9.8\times10^{-2}$m だから，おもりの重さを m〔kg〕とすると，

$m\times9.8=20\times9.8\times10^{-2}$，$m=0.20$kg

(3)　右の図のように，作用・反作用の法則より，2 つのばねの弾性力は同じ大きさなので，伸びは等しくなる。よって，(1)より，ばね A，ばね B ののびはどちらも 0.49m になる。

【　答　】(1)　0.49m　　(2)　0.20kg　　(3)　ばね A：0.49m，ばね B：0.49m

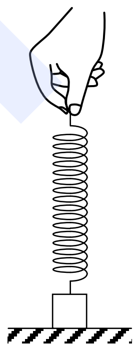
類題 1　ばね定数が k〔N/m〕である形状が同じばねを右図のようにつなぎ，それぞれに質量 m〔kg〕のおもりをつけた。重力加速度の大きさを g〔m/s²〕とする。



(1)　ばね A の伸び x_A とばね B の伸び x_B はそれぞれ何 m か。

(2)　ばね C，ばね D の伸びは，ばね A の伸びのそれぞれ何倍か。

類題 2　右図のように，ばね定数 100N/m のばねの一端に質量 10.0kg の物体をつり下げて床の上に置き，もう一端を手で持っている。重力加速度の大きさを 9.80m/s² とし，ばねの自然の長さを 7.00×10^{-2}m とする。



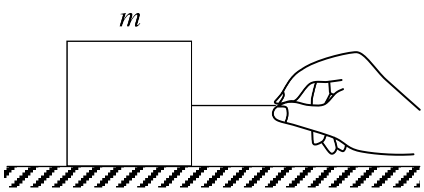
(1)　ばねの長さが 0.100m になるまでばねを手で引っ張った。このとき，物体が床から受ける垂直抗力 N の大きさは何 N か。

(2)　手でばねを引く力をしだいに大きくしていくと物体が床から離れた。このときのばねの長さは何 m か。

❷ 摩擦力

基本例題 6

図のように，粗い面上に質量 m〔kg〕の物体が静止しており，物体にはひもがついている。重力加速度を g〔m/s^2〕，静止摩擦係数を μ，動摩擦係数を μ' とする。



⑴ ひもを床と水平に力 F_1〔N〕の大きさで引いたが，物体は動かなかった。物体に働いている摩擦力 f_1 の大きさは何 N か。

⑵ ひもを床と水平に力 F_2〔N〕（ただし，$F_2>F_1$）の大きさで引くと，物体は動き出した。物体が動き出す直前の摩擦力 f_2 の大きさは何 N か。

⑶ ひもを床と水平に力 F_3〔N〕（ただし，$F_3>F_2$）で床と水平に引いている。このとき，動いている物体に働く摩擦力 f_3 の大きさは何 N か。

【考え方】 静止摩擦係数 μ，動摩擦係数 μ' とするとき，垂直抗力 N の物体に働く摩擦力は，

① 物体が動かないときの摩擦力：静止摩擦力 F＝加えた力（つり合っている）

② 物体が動き出す直前の摩擦力（静止摩擦力）：最大摩擦力 $F_0=\mu N$

③ 物体が動いているときの摩擦力：動摩擦力 $F'=\mu' N$

粗い面上（一般に，「粗い面」とは摩擦のある面を表し，「滑らかな面」とは摩擦のない面を表す）の物体に力を加えたとき，動き出す直前まで静止摩擦力は加えた力とつり合っている。また，動摩擦力の大きさは，物体の速さによらず一定である。

【解　法】

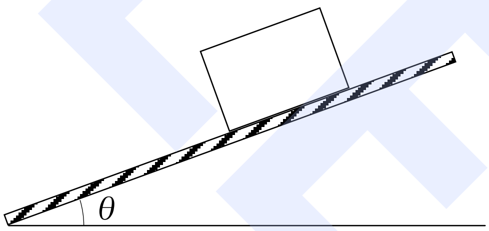
⑴ 物体は動かないので，水平に引いた力 F_1 と静止摩擦力 f_1 はつり合っており，2 力の大きさは等しい。

⑵ 物体は鉛直方向に動かないので，鉛直方向に働く垂直抗力 N と重力 mg はつり合っている。よって，②より，$f_2=\mu N=\mu mg$

⑶ ③より，$f_3=\mu' N=\mu' mg$

【　答　】 ⑴ F_1〔N〕　⑵ μmg〔N〕　⑶ $\mu' mg$〔N〕

類　題 水平面と角 θ をなす粗い斜面上に質量 m〔kg〕の物体が静止している。重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕，静止摩擦係数を μ，動摩擦係数を μ' として次の問いに答えよ。



⑴ 摩擦力を f，物体が斜面から受ける抗力 N として，物体にはたらく力をすべて図示せよ。

⑵ 物体を斜面下方に F_1〔N〕で押すと滑り始めた。F_1 の大きさは何 N か。

⑶ 物体を斜面下方に F_2〔N〕（ただし，$F_2>F_1$）で押した。この場合，動いている物体に働く摩擦力の大きさは何 N か。

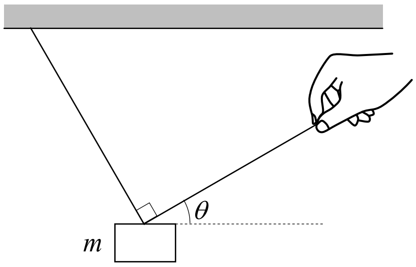
⑷ 斜面の傾きを大きくして，角度を θ_0 に変えたところ，物体が滑り始めた。このとき，$\tan\theta_0$ を求めよ。

❸ 張力

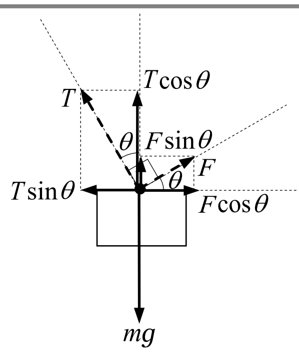
基本例題 7

右の図のように質量 m〔kg〕のおもりを 2 本の糸でつるした。1 本は天井から，もう 1 本は手で引いている。手が引いている角度は水平方向から θ の角度をなしている。

重力加速度を g〔m/s^2〕として，このときの天井につながっている方の糸の張力 T〔N〕と手が引く力 F〔N〕をそれぞれ求めよ。



【考え方】　張力は糸の方向にしかはたらくことができない。そのため，鉛直方向と水平方向に成分分解を行い，力のつり合いを考える。



【解　法】

角度 θ と同じ大きさの角を考えると右の図のようになる。

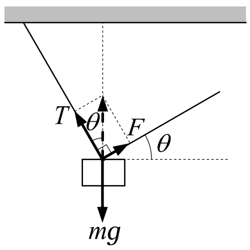
これより，T，F を鉛直方向と水平方向に分けてつり合いの式を立てると，

鉛直方向：$T\cos\theta+F\sin\theta=mg$　…①

水平方向：$T\sin\theta=F\cos\theta$　…②

②より，$T=\dfrac{F\cos\theta}{\sin\theta}$　これを①の左辺に代入して，

$$\frac{F\cos^2\theta}{\sin\theta}+F\sin\theta=\frac{F(\cos^2\theta+\sin^2\theta)}{\sin\theta}=\frac{F}{\sin\theta},\quad \frac{F}{\sin\theta}=mg,\quad F=mg\sin\theta$$



これを②に代入して，$T\sin\theta=mg\sin\theta\cos\theta$，$T=mg\cos\theta$

【別　解】　右の図より，T と F の合力は重力 mg とつり合うから，$T=mg\cos\theta$，$F=mg\sin\theta$

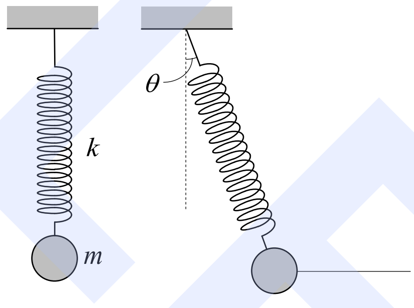
【　答　】　$T=mg\cos\theta$〔N〕，$F=mg\sin\theta$〔N〕

類題 1　質量 m〔kg〕のおもりにばね定数 k〔N/m〕のばねをつけて天井からぶら下げた。重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。

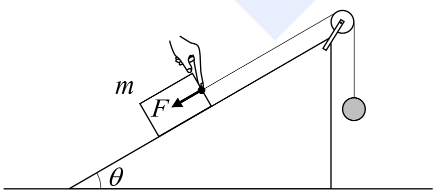
⑴　ばねの伸びは何 m か。

⑵　おもりにばねとは別に糸をつけて，水平方向に引くと，右図のようにおもりをつけていたばねが鉛直方向と角度 θ をなした。このとき，水平方向の糸が引く力 T〔N〕とばねの弾性力 F〔N〕を求めよ。

⑶　⑵のときのばねの伸びは何 m か。



類題 2　図のように，水平面と角度 θ をなしている滑らかな斜面の上に質量 m〔kg〕の物体を置き，滑車を通して，ある質量のおもりとつないだ。このまま放っておくとおもりが下がり，物体は斜面を登ってしまうため，斜面に水平な下向きに指で F〔N〕の力を加えている。重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。



⑴ このとき糸の張力 T〔N〕を求めよ。

⑵ おもりと物体の質量の差は何 kg か。

4 浮力

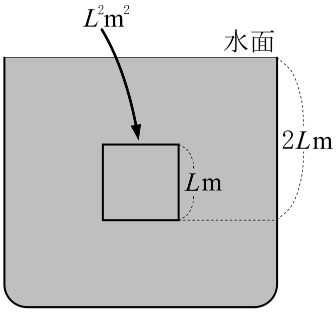
基本例題 8

一つの面の面積が L^2〔m^2〕の正六面体(立方体)の物体がある。これを十分深い水槽に水面から L〔m〕の深さになるように沈めた。大気圧を p_0〔Pa〕，水の密度をρ〔kg/m^3〕，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。

⑴ 深さ L〔m〕での圧力 P_L は何 Pa か。

⑵ 物体の上面が受ける力 F_L〔N〕を求めよ。

⑶ 物体が受ける浮力 F〔N〕を求めよ。



【考え方】 圧力とは単位面積にかかる力のことである。力の大きさを F〔N〕，力のはたらく面積を S〔m^2〕とするとき，圧力 P〔Pa〕は，

$$P=\frac{F}{S}$$

また，流体の密度をρ〔kg/m^3〕，物体の体積を V〔m^3〕とすると，浮力 F〔N〕の大きさは，

$$F=\rho Vg$$

であるが，浮力は物体が押しのけた流体の重さに等しいことを知っておけば，上記の公式を覚える必要はなく，単位を手掛かりとしておのずと導くことができる。

【解　法】

⑴ 物体の真上にある水の体積は$(L\times L^2=)L^3$m^{3}だから，その重さは，ρL^3g〔N〕

よって，物体の上面に加わる水圧は，$\dfrac{\rho L^3g}{L^2}=\rho Lg$〔Pa〕

これに大気圧を加えたものが求める圧力の大きさだから，$P_L=p_0+\rho Lg$〔Pa〕

⑵ $F=PS$ より，$F_L=(p_0+\rho Lg)L^2$〔N〕

⑶ 浮力は，物体が押しのけた流体の重さと同じだから，$F=\rho L^3g$〔N〕

【別　解】 浮力は，物体が上面から受ける下向きの力と，下面が受ける上向きの力の差だから，物体の下面が水から受ける力の大きさを F_{2L} とすると，$F_{2L}=(p_0+2\rho Lg)L^2$〔N〕

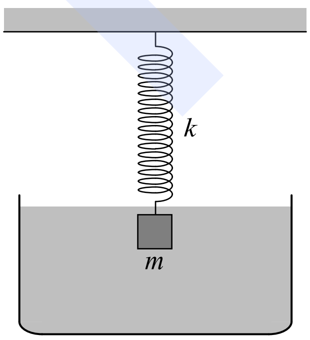
よって，浮力の大きさは，$F_{2L}-F_L=(p_0+2\rho Lg)L^2-(p_0+\rho Lg)L^2=\rho L^3g$〔N〕

【　答　】 ⑴ $P_L=p_0+\rho Lg$〔Pa〕　⑵ $F_L=(p_0+\rho Lg)L^2$〔N〕　⑶ $F=\rho L^3g$〔N〕

類　題 右の図のように，天井からつり下げたばね定数 k〔N/m〕のばねの先に，質量 m〔kg〕，体積 V〔m^3〕のおもりをつけ，水の入った容器にそのおもりを入れた。水の密度をρ〔kg/m^3〕，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。

⑴ おもりが受ける浮力の大きさは何 N か。

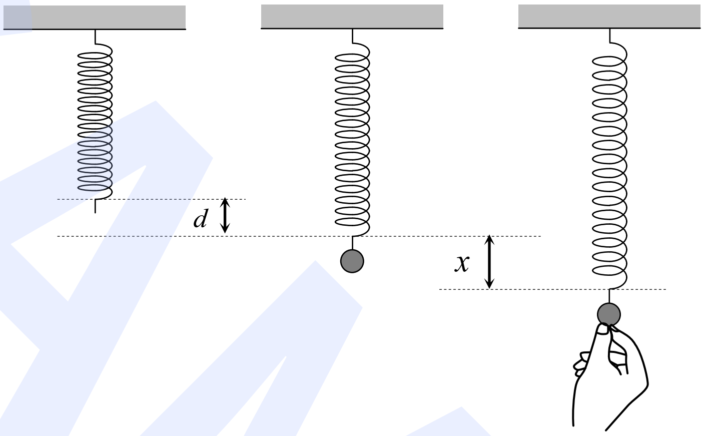
⑵ ばねののびは何 m か。



実戦問題演習

1　2010年センター本試

図のように，上端を固定したばね定数 k のばねの下端におもりをつるしたところ，ばねが自然の長さから d だけ伸びた状態で静止した。このおもりを，手でさらに x だけ引き下げ，静止させた。このとき，手がおもりを引いている力の大きさ F はいくらか。正しいものを下の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，ばねの質量は無視できるものとする。

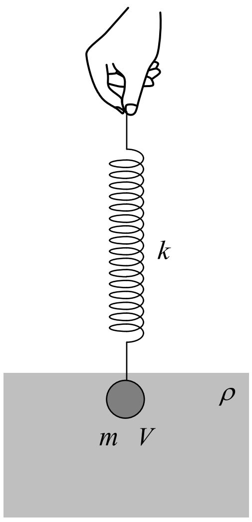


① kx　② $k(d+x)$　③ $k\sqrt{2dx+x^2}$

④ $\frac{1}{2}kx^2$　⑤ $\frac{1}{2}k(d+x)^2$　⑥ $\frac{1}{2}k(2dx+x^2)$

2　2012年センター追試

図のように，質量 m，体積 V の物体をばね定数 k のばねの先端に取り付け，密度 ρ の液体に完全に沈めたところ，ばねが自然の長さから x だけ伸びた状態でつり合った。液体の密度 ρ を表す式として正しいものを，次のページの①～⑤のうちから一つ選べ。ただし，重力加速度の大きさを g とし，ばねの質量および体積は無視できるものとする。

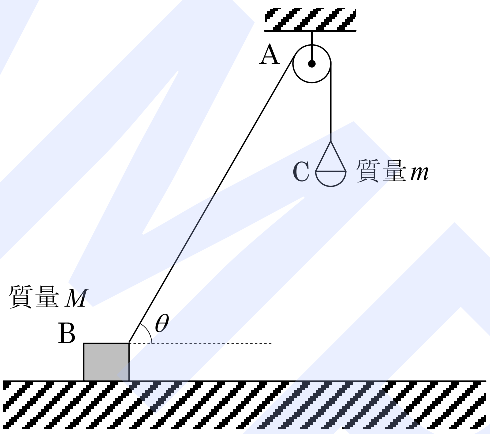


① $\dfrac{m}{V}$　② $\dfrac{kx}{Vg}$　③ $\dfrac{kx-mg}{Vg}$

④ $\dfrac{mg+kx}{Vg}$　⑤ $\dfrac{mg-kx}{Vg}$

3　2005年センター本試

図のように，滑車Aが天井に固定されている。水平な床面上に質量Mの小物体Bを置き，Bに伸び縮みしない糸をつけて滑車にかけ，糸の他端に砂を入れた容器Cをつるした。はじめ，容器Cと砂の質量の和がmのとき，糸と床のなす角度が θ で小物体Bと容器Cは静止していた。その後，容器Cに砂を加えてその質量を大きくしていくと，小物体Bは床を右向きにすべり始めた。小物体Bと床との静止摩擦係数を μ ， 重力加速度の大きさをgとする。ただし，糸と滑車の質量は無視でき，滑車はなめらかにまわるものとする。



(1)　はじめ，小物体Bと容器Cが静止しているとき，Bが床から受ける摩擦力Fの大きさはいくらか。正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

① Mg　② μMg　③ $mg\cos\theta$

④ $mg\sin\theta$　⑤ $\mu(Mg-mg\sin\theta)$　⑥ $\mu(Mg-mg\cos\theta)$

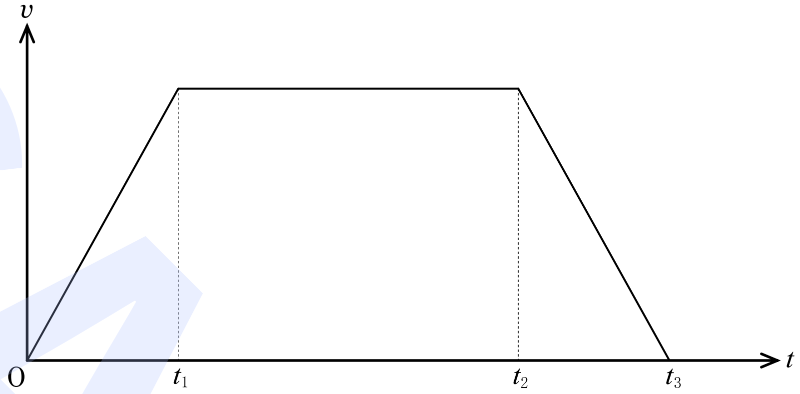
(2)　容器Cに砂を加えて小物体Bが運動し始めたときの容器Cと砂の質量の和はいくらか。正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① $\dfrac{\mu M}{\mu\sin\theta+\cos\theta}$　② $\dfrac{\mu M}{\mu\cos\theta+\sin\theta}$　③ $\dfrac{\mu M}{\cos\theta}$　④ $\dfrac{\mu M}{\sin\theta}$

実力完成問題Ⅰ

1　2001 年センター本試

図は，旅行中に乗った電車が P 駅を出発してから隣の Q 駅に着くまでの速度 v と時間 t の関係を示したグラフである。下の問いに答えよ。ただし，P 駅と Q 駅の間の線路は直線であるものとする。



⑴　図の説明として誤っているものを，①～④のうちから一つ選べ。

①　t_1 から t_2 まで，電車の速度は一定である。

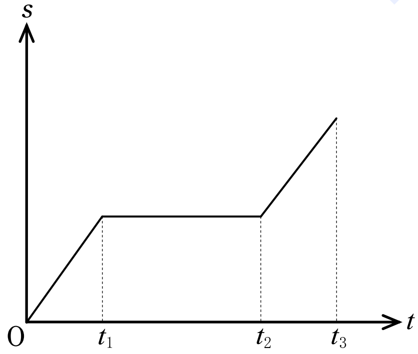
②　t_2 から t_3 まで，電車の加速度は一定である。

③　グラフの台形の面積は P 駅と Q 駅の間の距離を示す。

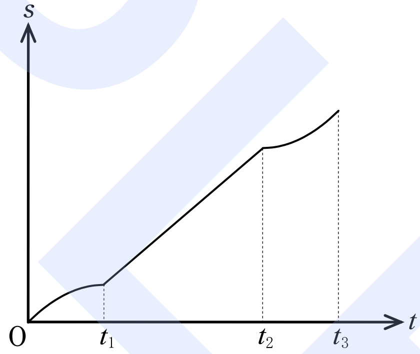
④　P 駅を出発してから最高速度に達するまでの時間は t_2 である。

⑵　この電車が P 駅を出発してからの時間 t と P 駅からの距離 s の関係を示したグラフとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

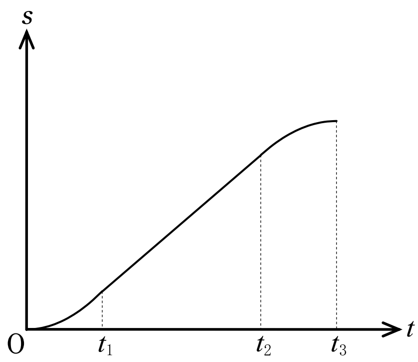
①



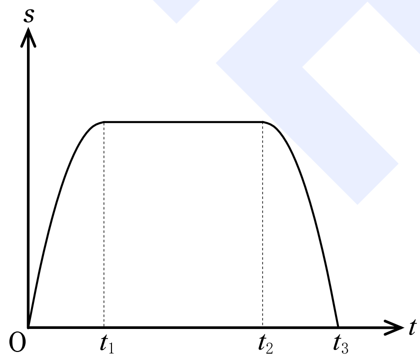
②



③

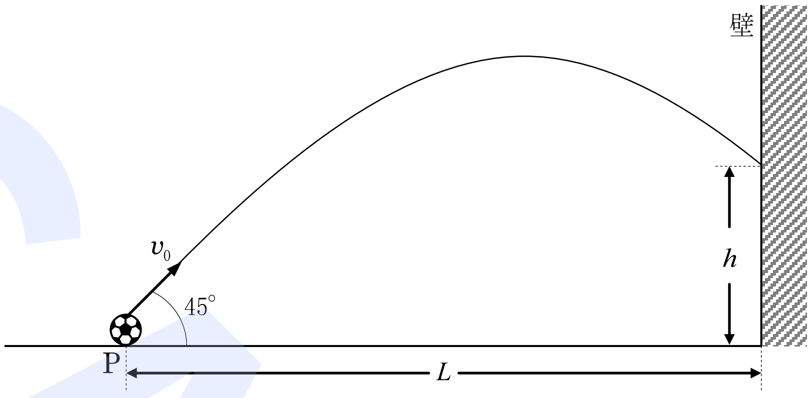


④



2　2002年センター本試

図のように，壁から水平に距離 L だけ離れた P 点から，水平からの角度 45°，速さ v_0 の初速度でボールをけり上げると，ボールは最高点に達した後，直接，壁にぶつかった。ただし，ボールの大きさと空気の抵抗を無視し，ボールの質量を m，重力加速度の大きさを g とする。



⑴　ボールが壁にぶつかった点の高さ h を表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

①　$L-\dfrac{gL^2}{2v_0{}^2}$　　②　$L-\dfrac{gL^2}{v_0{}^2}$　　③　$L-\dfrac{2gL^2}{v_0{}^2}$

④　$\dfrac{L}{2}-\dfrac{gL^2}{2v_0{}^2}$　　⑤　$\dfrac{L}{2}-\dfrac{gL^2}{v_0{}^2}$　　⑥　$\dfrac{L}{2}-\dfrac{2gL^2}{v_0{}^2}$

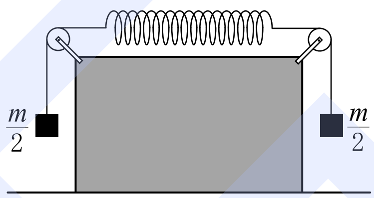
⑵　壁にぶつかる直前のボールの速さを表す式として正しいものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

①　$\sqrt{v_0{}^2+2gh}$　　②　$\sqrt{v_0{}^2+gh}$　　③　v_0

④　$\sqrt{v_0{}^2-gh}$　　⑤　$\sqrt{v_0{}^2-2gh}$

3　1998年センター本試

質量 m のおもりを鉛直につるすとき，l だけ伸びる軽いばねがある。このばねの両端にそれぞれ質量$\dfrac{m}{2}$のおもりを図のようにつなぐ。このとき，ばねの伸びはどうなるか。下の①～⑤のうちから正しいものを一つ選べ。



①　ばねの左右に働く力は打ち消しあうのでばねは伸びない。

②　ばねの片側を固定した場合と同じだから，$\dfrac{l}{2}$だけ伸びる。

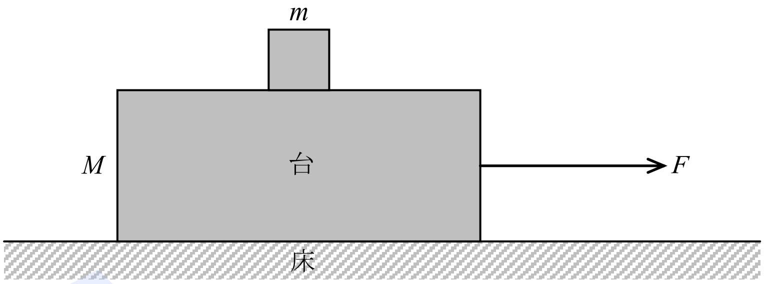
③　ばねの左に$\dfrac{l}{2}$，右に$\dfrac{l}{2}$だけ伸びるので，全体として l だけ伸びる。

④　おもりの質量の合計が m だから，l だけ伸びる。

⑤　ばねの左に l，右に l だけ伸びるので，全体として $2l$ だけ伸びる。

4　2008 年センター本試

図のように，水平な床の上に質量 M の直方体の台があり，その上に質量 m の小物体がのっている。台を力 F で水平に引っ張ったところ台は動きだして，小物体は台上を滑りだした。このときの台の加速度 a はいくらか。正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし，台と小物体の間には摩擦はなく，台と床との間の動摩擦係数を μ とする。また，重力加速度の大きさを g とする。

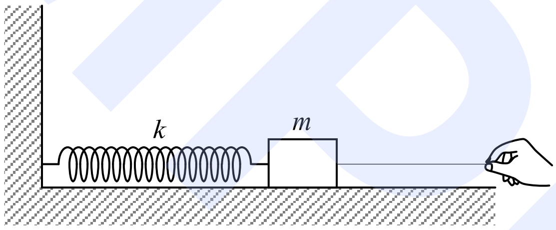


① $\dfrac{F+\mu Mg}{M}$　② $\dfrac{F+\mu Mg}{M+m}$　③ $\dfrac{F-\mu Mg}{M}$　④ $\dfrac{F-\mu Mg}{M+m}$

⑤ $\dfrac{F+\mu(M+m)g}{M}$　⑥ $\dfrac{F+\mu(M+m)g}{M+m}$　⑦ $\dfrac{F-\mu(M+m)g}{M}$　⑧ $\dfrac{F-\mu(M+m)g}{M+m}$

5　2006 年センター本試

図のように，水平面上に質量 m の物体を置き，壁との間のばね定数 k のばねでつないだ。ばねの自然の長さからののびを x で表し，面と物体の間の静止摩擦係数を μ，動摩擦係数を μ'，重力加速度の大きさを g とする。



⑴　ばねが自然の長さにある状態から，図のように手で水平に物体に力を加え，ばねを引き伸ばした。ばねののびが x になるまでに，手によってなされた仕事を表す式として正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

① $\dfrac{1}{2}kx^2$　② kx^2　③ $\mu' mgx$　④ $\mu' mg$

⑤ $\dfrac{1}{2}kx^2+\mu' mgx$　⑥ $\dfrac{1}{2}kx^2+\mu' mg$　⑦ $kx^2+\mu' mgx$　⑧ $kx^2+\mu' mg$

⑵　⑴の過程の最後に手を止めて静かに離したところ，物体は静止していた。手を離した後も物体が静止しているようなばねの伸び x の最大値 x_0 はいくらか。正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

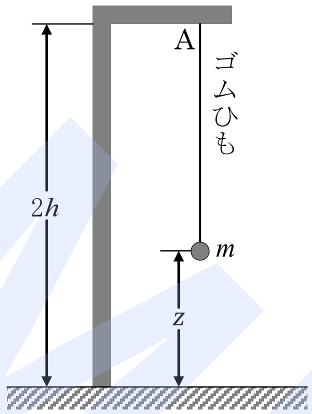
① $\dfrac{\mu mg}{k}$　② $\dfrac{2\mu mg}{k}$　③ $\dfrac{\mu' mg}{k}$　④ $\dfrac{2\mu' mg}{k}$

⑶　⑵の実験でばねの伸びが $x<x_0$ のとき，物体に作用している摩擦力を表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，図の右向きを正とする。

①　kx　　②　$-kx$　　③　μmg
④　$-\mu mg$　　⑤　$\mu' mg$　　⑥　$-\mu' mg$

6　2008年センター本試

図のように，床に高さ $2h$ のスタンドを置き，質量が無視できる自然の長さ h のゴムひもを点Aに取り付ける。ゴムひもの他端に質量 m の小球を取り付けて，点Aから小球を静かに離すと，小球は鉛直に落下し，床に衝突せずに再び上昇した。ここで，ゴムひもの弾性力は，ゴムひもが自然の長さから伸びた場合にのみ働き，その大きさは自然の長さからの伸びに比例するものとし，その比例定数を k とする。ただし，重力加速度の大きさを g とする。



⑴　小球が高さ h の位置を最初に通過したときの，小球の速さはいくらか。正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

①　$\sqrt{\dfrac{gh}{2}}$　　②　$\sqrt{gh}$　　③　$\sqrt{2gh}$　　④　$2\sqrt{gh}$
⑤　$\sqrt{\dfrac{h}{2g}}$　　⑥　$\sqrt{\dfrac{h}{g}}$　　⑦　$\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$　　⑧　$2\sqrt{\dfrac{h}{g}}$

⑵　高さが $z\,(z<h)$ のときの小球の加速度 a はいくらか。正しいものを，次の①～⑦のうちから一つ選べ。ただし，加速度 a は鉛直上向きを正とする。

①　$\dfrac{k}{m}z-g$　　②　$\dfrac{k}{m}(h-z)-g$　　③　$\dfrac{k}{m}(h+z)-g$　　④　$-g$
⑤　$\dfrac{k}{m}z$　　⑥　$\dfrac{k}{m}(h-z)$　　⑦　$\dfrac{k}{m}(h+z)$

⑶　小球が最下点に達したときの高さを z_0 とするとき，比例定数 k を表す数式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

①　$mg\dfrac{z_0}{(h-z_0)^2}$　　②　$2mg\dfrac{z_0}{(h-z_0)^2}$　　③　$mg\dfrac{2h-z_0}{(h-z_0)^2}$
④　$2mg\dfrac{2h-z_0}{(h-z_0)^2}$　　⑤　$mg\dfrac{1}{h-z_0}$　　⑥　$2mg\dfrac{1}{h-z_0}$

第１章　運動とエネルギー

１　速度と加速度

P.2

類　題　(1)　南向きに 35m/s　　(2)　北向きに 10m/s　　(3)　北向きに 1.0m/s

解　説

北向きを正とする。

(1)　$v_{AB}=v_B-v_A=(-10)-(+25)=-35$m/s

(2)　$v_{BC}=v_C-v_B=0-(-10)=10$m/s

(3)　$v_{AC}=v_{C'}-v_A=v_{C'}-(+25)=-24$，$v_{C'}=1.0$m/s

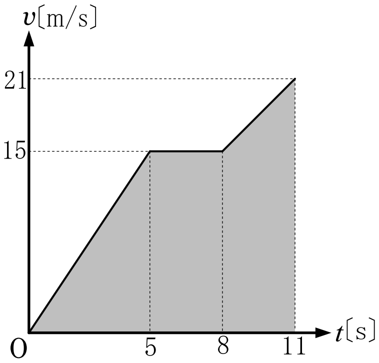
P.3

類題１　(1)　15m/s　　(2)　21m/s　　(3)　136.5m

解　説

(1)　$v=v_0+at=0+3\times5=15$m/s

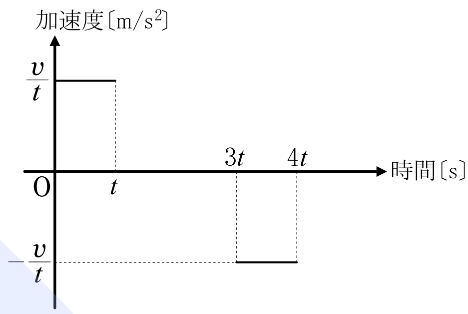
(2)　2回目の加速を行う直前の速度を初速度と考えればよいから，
$v=v_0+at=15+2\times3=21$m/s



(3)　右上の図のように v-t グラフをかいて，影をつけた部分の面積を求めればよいので，

$$x=\frac{1}{2}\times5\times15+3\times15+\frac{1}{2}\times(15+21)\times3=136.5\text{m}$$

類題２　(1)　$\dfrac{v}{t}$〔m/s²〕　　(2)　$3vt$〔m〕　　(3)　右図



P.4

類題１　(1)　29.4m/s　　(2)　2.00s　　(3)　22.0m/s

解　説

(1)　③より，$v_1{}^2-9.80^2=2\times9.80\times39.2$，$v_1=29.4$m/s

(2)　①より，$29.4=9.80+9.80t$，$t=2.00$s

(3)　③より，$v_2{}^2-9.80^2=2\times9.80\times19.6$，$v_2=9.8\sqrt{5}\fallingdotseq22.0$m/s

類題２　(1)　51m/s　　(2)　132.5m　　(3)　122.5m

解　説

(1)　①より，$2.0+9.8\times5.0=51$m/s

(2)　②より，$h_1=2.0\times5.0+\dfrac{1}{2}\times9.8\times5.0^2=132.5$m

(3)　$132.5-2.0\times5.0=122.5$m

P.5

類　題　(1)　1.2m　　(2)　鉛直下向きに 9.8m/s²　　(3)　29.4m

解　説

(1)　③より，$0-4.9^2=-2\times9.8\times y$，$y=1.225\fallingdotseq1.2$m

(3)　②より，$H=4.9\times3.0-\dfrac{1}{2}\times9.8\times3.0^2=-29.4$m

P.6〜7　**実戦問題演習**

1　①

解　説

①〜④は v-t グラフなので，線で囲まれている面積が移動距離となる。よって，面積が最大となる①が正解となる。

2　②

解　説

小物体 A が落下するまでの時間 t を求め，その時刻に小物体 B の高さが 0 であればよい。

小物体 A について，自由落下の式 $y=\frac{1}{2}gt^2$ より，$h=\frac{1}{2}gt^2$，$t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$

小物体 B について，鉛直投げ上げの式 $y=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$ より，$0=vt-\frac{1}{2}gt^2$

これに $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$ を代入すれば解が得られる。

3　(1)　⑥　　(2)　②

解　説

(1)　初速度 V_0 の鉛直投げ上げと考えて，$y=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$ より，$h=V_0T-\frac{1}{2}gT^2$，$V_0=\frac{h}{T}+\frac{1}{2}gT$

(2)　窓の上端での速度 V は，$V=V_0-gT$

この瞬間から $\frac{T}{2}$ 経過後に小物体は最高点にあるので，V を初速度とした鉛直投げ上げを考える。

$0=(V_0-gT)T'-\frac{1}{2}gT'^2$，$T'=\frac{2V_0}{g}-2T$

4　③

解　説

自由落下の式 $y=\frac{1}{2}gt^2$ より，高さ y は時間 t の 2 乗に比例することがわかる。これより，**ア〜オ**が落下した時刻をそれぞれ t，$2t$，…，$5t$ とすると，正解は放物線を描いている③とわかる。

2　力のつり合い

P.8

類題 1　(1)　$x_A=\frac{mg}{k}$，$x_B=\frac{mg}{2k}$　　(2)　ばね C，D ともに 1 倍

解　説

(1)　$F=kx$ より，$x=\frac{F}{k}$　よって，$x_A=\frac{mg}{k}$，$x_B=\frac{mg}{2k}$

(2)　それぞれのばねについて，作用・反作用の法則を考える。

類題 2　(1)　95.0N　　(2)　1.05m

解　説

(1)　ばねの伸びは，0.100−0.07＝0.03m　よって，$F=kx=100\times0.03=3.00$N

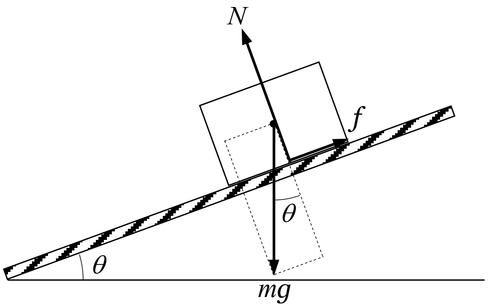
よって，$N=mg-F=10.0\times9.80-3.00=95.0\mathrm{N}$

⑵　物体が床から離れたときは抗力 $N=0$ だから，弾性力＝物体の重さになるので，$F=kx$ より，ばねの伸びは，$x=\dfrac{F}{k}=\dfrac{10.0\times9.80}{100}=0.980\mathrm{m}$　よって，ばねの長さは，$0.980+0.07=1.05\mathrm{m}$

P.9

類　題　⑴　右図　　⑵　$mg(\mu\cos\theta-\sin\theta)$〔N〕

⑶　$\mu' mg\cos\theta$〔N〕　　⑷　$\tan\theta_0=\mu$



解　説

⑵　斜面に平行な方向のつり合いを考えると，滑り始めたときの摩擦力は最大摩擦力であることを踏まえて，

$F_1+mg\sin\theta=\mu mg\cos\theta$ ，$F_1=mg(\mu\cos\theta-\sin\theta)$

⑶　動いている物体にはたらく摩擦力は動摩擦力なので，

$f=\mu' N=\mu' mg\cos\theta$

⑷　角度 θ_0 のとき，物体が滑り出す直前の斜面に平行な方向のつり合いを考える。よって，

$mg\sin\theta_0=\mu mg\cos\theta_0$ ，$\tan\theta_0=\dfrac{\sin\theta_0}{\cos\theta_0}=\mu$

P.10

類題１　⑴　$\dfrac{mg}{k}$〔m〕　　⑵　$T=mg\tan\theta$〔N〕，$F=\dfrac{mg}{\cos\theta}$〔N〕　　⑶　$\dfrac{mg}{k\cos\theta}$〔m〕

解　説

⑴　$F=kx$ より，$x=\dfrac{F}{k}=\dfrac{mg}{k}$

⑵　鉛直方向と水平方向についてつり合いの式を立てると，

鉛直方向：$F\cos\theta=mg$　…①，水平方向：$F\sin\theta=T$　…②

①より，$F=\dfrac{mg}{\cos\theta}$ …③　③を②に代入して，$T=\dfrac{mg}{\cos\theta}\times\sin\theta=mg\times\dfrac{\sin\theta}{\cos\theta}=mg\tan\theta$

⑶　$F=kx$ より，$\dfrac{mg}{\cos\theta}=kx$ ，$x=\dfrac{mg}{k\cos\theta}$

類題２　⑴　$F+mg\sin\theta$〔N〕　　⑵　$\dfrac{F}{g}-m(1-\sin\theta)$〔kg〕

解　説

⑴　物体について斜面に平行な向きの力のつり合いを考えると，$T=F+mg\sin\theta$ …①

⑵　おもりの質量を M〔kg〕としておもりのつり合いを考えると，$Mg=T$

これを①に代入すると，$M=\dfrac{F+mg\sin\theta}{g}$　よって，質量差は，$M-m=\dfrac{F}{g}-m(1-\sin\theta)$

P.11

類　題　⑴　ρVg〔N〕　　⑵　$\dfrac{mg-\rho Vg}{k}$〔m〕

解　説

⑵　ばねの伸びを x〔m〕とすると，力のつり合いより，$mg=kx+\rho Vg$ ，$x=\dfrac{mg-\rho Vg}{k}$

P.12～13 **実戦問題演習**

1 ①

解　説

フックの法則を用いてつり合いの式を立てると，$k(d+x)=F+mg$ …①

ここで，おもりをつるすと d だけ伸びるので，$mg=kd$ …②　②を①に代入して，$F=kx$

2 ⑤

解　説

物体にはたらく重力，弾性力，浮力のつり合いの式を立てると，

$mg=kx+\rho Vg$ ，$\rho=\dfrac{mg-kx}{Vg}$

3 (1) ③　　(2) ①

解　説

(1) 水平方向の力のつり合いより，張力の水平成分と摩擦力の大きさが等しいから，$F=mg\cos\theta$

(2) 求める質量を m' とする。小物体Bにはたらく垂直抗力を N とすると，鉛直方向のつり合いより，

$Mg=m'g\sin\theta+N$ ，$N=g(M-m'\sin\theta)$ …①

水平方向は(1)と同様に考えて，$\mu N=m'g\cos\theta$ …②　①を②に代入して，$m'=\dfrac{\mu M}{\mu\sin\theta+\cos\theta}$

3　運動方程式

P.14

類題1 (1) 118N　　(2) 78N　　(3) 98N

解　説

(1) 鉛直上向きを正とすると，運動方程式より，$10\times2.0=T-10\times9.8$ ，$T=118\text{N}$

(2) 鉛直下向きを正とすると，運動方程式より，$10\times2.0=10\times9.8-T$ ，$T=78\text{N}$

(3) 等速で運動するには合力$=0$である必要があるから，$T=mg=10\times9.8=98\text{N}$

類題2 16N

解　説

$v=at$ より，$a=\dfrac{v}{t}=\dfrac{16}{4.0}=4.0\text{m/s}^2$　よって，運動方程式より，$F=ma=4.0\times4.0=16\text{N}$

P.15

類　題 (1) 下降する，下向き　　(2) A：$ma=T-mg\sin\theta$ ，B：$Ma=Mg-T$

(3) $a=\dfrac{M-m\sin\theta}{M+m}g$〔m/s^2〕，$T=\dfrac{Mmg}{M+m}(1+\sin\theta)$〔N〕　　(4) $g(M-m\sin\theta)$

解　説

(1) $M>m$ より，物体Bは下降する。物体Bにはたらく力の合力は下向きなので，加速度も下向き。

(4) 合力$=0$なので，斜面に平行な下向きに外力 F を加えればよい。

A：$F+mg\sin\theta=T$ …①，B：$T=Mg$ …②

①，②より，$F=g(M-m\sin\theta)$

P.32～35　実力完成問題Ⅰ

1　(1)　④　　(2)　③

解　説

(1)　時間 0～t_1 では，加速度が正の等加速度運動なので，しだいに速くなる。t_1～t_2 では，等速直線運動である。t_2～t_3 では，加速度が負の等加速度運動なので，しだいに遅くなる。よって，最高速度に達するのは t_1 のときなので，誤りは④である。

(2)　s-t グラフの傾きが速度である。

2　(1)　②　　(2)　⑤

解　説

(1)　鉛直方向の初速度は $v_0\sin45°$，水平方向の初速度は $v_0\cos45°$ である。壁に衝突するまでの時間を t とすると，$v_0\cos45°\times t=L$ …①，$h=v_0\sin45°\times t-\frac{1}{2}gt^2$ …②

①，②より，$h=v_0\sin45°\times\dfrac{L}{v_0\cos45°}-\dfrac{1}{2}g\left(\dfrac{L}{v_0\cos45°}\right)^2=L-\dfrac{gL^2}{{v_0}^2}$

(2)　力学的エネルギーの保存より，$\frac{1}{2}m{v_0}^2=mgh+\frac{1}{2}mv^2$，$v=\sqrt{{v_0}^2-2gh}$

3　②

解　説

ばねの片側を壁に固定したとき，壁はばねを引いているので，ばねにかかる張力は片側を固定したときと等しい。

4　⑦

解　説

台の運動方程式より，$Ma=F-\mu(m+M)g$，$a=\dfrac{F-\mu(M+m)g}{M}$

5　(1)　⑤　　(2)　①　　(3)　①

解　説

(1)　手がした仕事 W は，この間にばねの弾性力がした仕事と摩擦力がした仕事の和に等しい。

よって，$W=\frac{1}{2}kx^2+\mu'mgx$

(2)　ばねの伸びが最大になるのは，摩擦力が最大摩擦力のときであるから，力のつり合いの式より，

$kx_0=\mu mg$，$x_0=\dfrac{\mu mg}{k}$

(3)　静止摩擦力がはたらき，ばねの弾性力とつり合っているので，kx である。

6　(1)　③　　(2)　②　　(3)　④

解　説

(1)　この間はひもから力を受けないので自由落下である。よって，求める速さを v とすると，

$v^2=2gh$，$v=\sqrt{2gh}$

(2)　高さが z のときのゴムひものびは $(h-z)$ である。

小球についての運動方程式より，$ma=k(h-z)-mg$，$a=\dfrac{k}{m}(h-z)-g$

(3)　ゴムひもの弾性力と重力のみしか仕事をしないので，力学的エネルギーの保存より，

$$mg\times2h=mgz_0+\frac{1}{2}k(h-z_0)^2\ ,\ k=2mg\frac{2h-z_0}{(h-z_0)^2}$$

第２章　熱

6　熱とエネルギー

P.36

類　題　30℃

解　説

求める温度を T とすると，

容器が受け取った熱量 $Q_1=100\times1.68\times(T-20)$

加えた水が失った熱量 $Q_2=50\times4.2\times(38-T)$

$Q_1=Q_2$ より，$T=30$〔℃〕

P.37

類　題　(1)　4000J　　(2)　0.5K

解　説

(1)　発生した熱量はおもりが最初にもっていた運動エネルギーに等しいから，

$$K=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}\times20\,〔\mathrm{kg}〕\times20^2=4000\mathrm{J}$$

(2)　$Q=mc\Delta T$ より，$4000=20\times10^3$〔g〕$\times0.4\times\Delta T$ ，$\Delta T=0.5\mathrm{K}$

P.38

類　題　$Q-W$〔J〕

解　説

気体は外部に仕事をしているので，仕事 W は負になるから，$\Delta U=Q-W$〔J〕

P.39

類　題　(1)　$2.7\times10^3\mathrm{J}$　　(2)　$6.3\times10^3\mathrm{J}$

解　説

(1)　$e=\dfrac{W}{Q_{\mathrm{in}}}$ より，$W=e\times Q_{\mathrm{in}}=0.3\times9.0\times10^3=2.7\times10^3\mathrm{J}$

(2)　$Q_{\mathrm{in}}=W+Q_{\mathrm{out}}$ より，$Q_{\mathrm{out}}=Q_{\mathrm{in}}-W=9.0\times10^3-2.7\times10^3=6.3\times10^3\mathrm{J}$

P.40～41　**実戦問題演習**

1　②

解　説

熱力学第一法則 $\Delta U=Q_{\mathrm{in}}+W$ を考える。

①は上記の式の内容がそのまま書かれているので正しい。

②は気体の温度が一定であれば，内部エネルギーも一定なので誤り。

③は気体の温度を上げると，内部エネルギーは増加するので正しい。

④は体積変化がなく，$W=0$ なので，Q_{in} があれば内部エネルギーが増加するので正しい。

2　(1)　⑥　　(2)　②

解　説