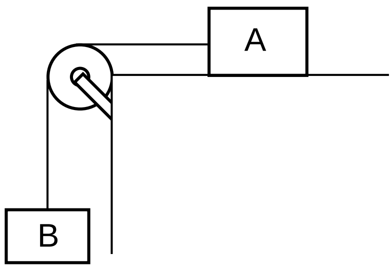
学籍番号　　　氏名　　　得点

重力加速度の大きさを g とする.

Q1: 以下の空欄を埋めなさい(5×4=20).

ニュートンの運動の法則，$m\dot{v}=F$ の両辺に v を掛ける．左辺の「v と $\dot{v}$ の積」は $\frac{1}{2}v^2$ (数式)の時間微分と考えてよい．右辺の Fv は，単位時間あたり物体に なされた仕事 (文章)(A)である．両辺を時間で積分すると，$\frac{1}{2}mv^2=\int F\mathrm{d}x$ or $\frac{1}{2}mv^2=\int Fv\mathrm{d}t$ (数式)という表現を得る．左辺を「運動エネルギー」と定義しよう．すると，これは，運動エネルギー (文章)の変化は，(A)に等しいことを言っていて，これを「仕事-エネルギー定理」と呼ぶ.

Q2: 図のように，質量 M のおもり A と質量 m のおもり B が滑車で結ばれている．A は摩擦のない水平な床にある．おもり B が高さ y だけ落下したときのおもり A，B の速さを求めよ(10).

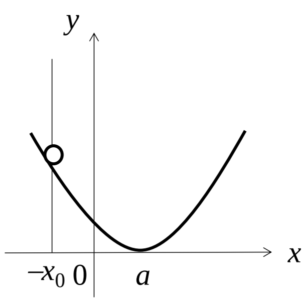


$$\frac{1}{2}(M+m)v^2=mgy \rightarrow v=\sqrt{\frac{2mgy}{M+m}}$$

Q3: 極板間距離 x，面積 A の平行板コンデンサーに電荷 Q が蓄えられているときのエネルギーは $\frac{xQ^2}{2\varepsilon_0 A}$ で与えられる．コンデンサーの極板に働く力の大きさを符号付きで答えよ．斥力をプラス，引力をマイナスとせよ(10).

ポテンシャルエネルギーは x の関数で，微分して符号を反転させれば力になる．答は $-\frac{Q^2}{2\varepsilon_0 A}$.

Q4: 図のように $y=(x-a)^2$ で表される曲線状の斜面がある．物体を $x=-x_0$ から静かに離した.



(1) $x=a$ における物体の速度を求めなさい(10).

単純な問題．ただし，$x=x_0$ における高さが $(-x_0-a)^2$ であることに注意.

$v=\sqrt{2g}(x_0+a)$．※マイナスは不正解.

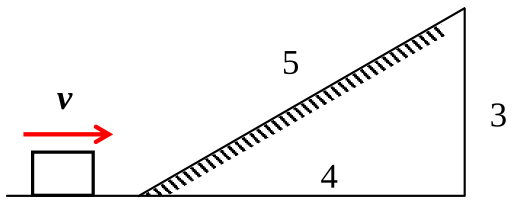
(2) 物体の可動範囲を $A \le x \le B$ の形で答えよ(10).

図式的に求めれば．物体は最初と同じ高さまでしか上がれない．最も小さい x は$-x_0$ で自明．最も大きい x は $x=x_0+2a$．答：$-x_0 \le x \le x_0 + 2a$

(3) 物体の速さを x の関数で表しなさい(10).

エネルギー保存則から，$\frac{1}{2}mv^2 + mg(x-a)^2 = mg(-x_0-a)^2$．整理して，$v = \sqrt{2g\left\{(-x_0-a)^2 - (x-a)^2\right\}}$．

Q5: 図のように，比率が 3 : 4 : 5 の直角三角形の坂に対して，水平速度 v で質量 m のブロックを登らせる．ブロックはある高さまで登り，坂を下りて戻ってきた．ブロックと坂の動摩擦係数を 1/12 として以下の問に答えよ．



(1) ブロックに働く摩擦力の大きさを求めよ(10).

$F_s = \mu mg\cos\theta = \frac{mg}{15}$

(2) ブロックは最大どこまで坂を登るか．坂に沿った長さで答えよ(10).

おもりの質量を m，登った長さを L とする．摩擦力がした仕事は $\frac{mgL}{15}$．エネルギー保存則より

$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{5}mgL + \frac{mgL}{15}$．解いて，$L = \frac{3v^2}{4g}$

(3) ブロックが水平な床まで戻ってきたときの速さを求めよ(10).

摩擦力がした仕事は 1 往復で 2 倍．戻ってきた速度を v'とすればエネルギー保存則は

$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv'^2 + 2\times\frac{mg}{15}\times\frac{3v^2}{4g}$．解いて，$v' = 2\sqrt{\frac{1}{5}}v$