学籍番号＿＿＿＿＿＿＿　氏名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　得点＿＿＿＿＿＿

※指定が無い限り，重力加速度の大きさを g とせよ.

※計算問題の場合，途中式がない解答は無効とする.

Q1: 以下の空欄を埋めなさい．**一重下線は数式・記号**，**二重下線は文字**が入る(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$mv\dot{v}$は＿$\frac{1}{2}mv^2$＿(A)を時間微分したものに等しい．右辺のFvは，仕事を時間で割ったものだから，「＿単位時間あたり物体になされる仕事＿」である．両辺を時間t_1からt_2まで時間積分する．左辺は，(A)のt_1からt_2までの変化で，＿$\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$＿と書かれる．ここで$v_1$，$v_2$はそれぞれの時刻の速度である. (A)を「運動エネルギー」と呼ぼう. すると,「仕事=エネルギー定理」，すなわち「＿物体になされる仕事は物体の運動エネルギーの変化に等しい＿」が証明された.

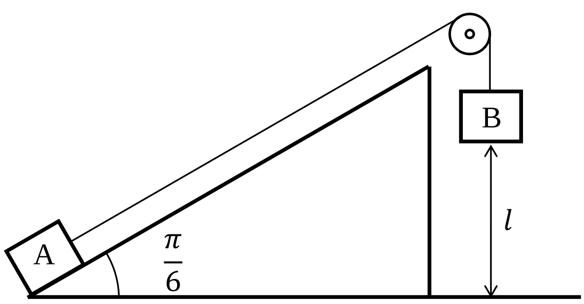
Q2: 質量 0.10kg の物体を高さ 100m から静かに放す．地上に達した物体は柔らかい地面にめり込んで止まった．物体が 10cm めり込んだとき，物体に掛かる力を求めよ．物体に掛かる力は一定として，−10cm の位置エネルギーは考慮しなくてよい．重力加速度の大きさを 9.8m/s^2 とする (20).

物体の位置エネルギー：9.8×100×0.1 J．これが，0.1F の仕事ですべて熱に変わる．計算すると $F = 980$ N.

Q3: 図のように，質量 m のおもり A とおもり B が軽い滑車を介して軽いひもで結ばれている．滑車の摩擦は無視できる．

(1) A を持ちおもりを静止させる. 系が図の状態のときの力学的エネルギーを求めよ. 重力ポテンシャルの基準は斜面下端に取る(10).

力学的エネルギーはおもり B の位置エネルギーのみ．答：mgl



斜面には摩擦が無いとする．A を離すと A は斜面を上がる．

(2) B が地面につく直前の力学的エネルギーを求めよ(10).

力学的エネルギー保存則から，状態にかかわらず答はmgl.

(3) このときのおもり B の速さを求めよ(10)

A，B の速さをvとする．A の位置エネルギーが$mgl/2$，運動エネルギーの合計がmv^2.

$mgl = \frac{mgl}{2} + mv^2$.　$v = \sqrt{\frac{gl}{2}}$

次に，斜面の動摩擦係数を$1/(2\sqrt{3})$とする．図の状態から手を離すと A は斜面を上がる．

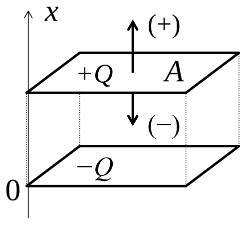
(4) B が地面につく直前までに，摩擦で失われた力学的エネルギーを求めよ(10).

動摩擦力が$mg/4$，滑った距離がlなので$W_f = mgl/4$.

(5) このときのおもり B の速さを求めよ(10)

$mgl - \frac{mgl}{4} = \frac{mgl}{2} + mv^2$.　$v = \sqrt{\frac{gl}{4}}$

Q4: 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静電エネルギーは$\dfrac{xQ^2}{2\varepsilon_0 A}$で与えられる．下の極板を固定したとき，上の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$-\dfrac{Q^2}{2\varepsilon_0 A}$.

学籍番号＿＿＿＿＿＿＿ 氏名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ 得点＿＿＿＿＿＿

※指定が無い限り，重力加速度の大きさを g とせよ．

※計算問題の場合，途中式がない解答は無効とする．

Q1: 以下の空欄を埋めなさい．**一重下線は数式・記号**，**二重下線は文字**が入る(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$mv\dot{v}$は＿$\frac{1}{2}mv^2$＿(A)を時間微分したものに等しい．右辺の Fv は，仕事を＿時間＿で割ったものだから，「単位時間あたり物体になされる仕事」である．両辺を時間t_1からt_2まで時間積分する．左辺は，(A)のt_1からt_2までの変化で，＿$\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$＿と書かれる．ここで$v_1$，$v_2$はそれぞれの時刻の速度である．右辺は＿物体になされた仕事＿に等しい．すなわち，「仕事-エネルギー定理」が証明された．

Q2: 物体を速さ v で，鉛直に地表の高さから打ち上げる．物体が上がる高さを求めよ(20).

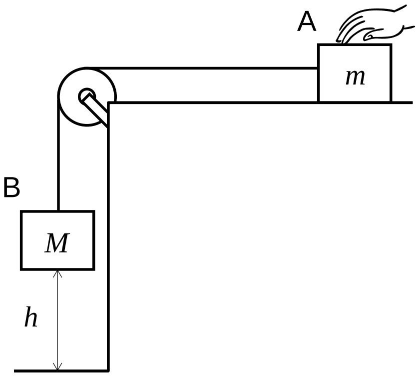
$\frac{1}{2}mv^2 = mgy_{\max}$　　答：$\frac{v^2}{2g}$.

Q3: 図のように，質量 m のおもり A と質量 M のおもり B が軽いひもで結ばれている．

(1)A が摩擦のない水平な床にあるとき，手を放し，おもり B が地上に達する直前のおもり A の速さを求めよ(20).

つながった A，B が地上に達する瞬間の速度をエネルギー保存則で求める．

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

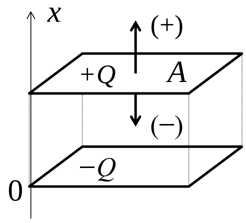


(2)A と床の間の動摩擦係数がμのとき，おもり B が地上に達する直前のおもり A の速さを求めよ(10).

動摩擦力がする仕事はμmgh．あとは同じ.

$$\frac{1}{2}(M+m)^2v^2 = Mgh - \mu mgh \ \rightarrow v = \sqrt{\frac{2(M-\mu m)gh}{M+m}}$$

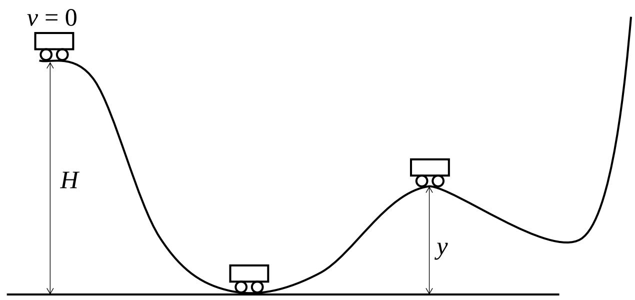
Q4: 極板間距離 x，面積 A の平行板コンデンサーに電荷 Q が蓄えられているときの静電エネルギーは $\dfrac{xQ^2}{2\varepsilon_0 A}$ で与えられる．下の極板を固定したとき，上のコンデンサーの極板に働く力の大きさを符号付きで答えよ．斥力をプラス，引力をマイナスとせよ(10).



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$-\dfrac{Q^2}{2\varepsilon_0 A}$．

Q5: 図のようなジェットコースターがある．

(1) 高さ H で静かに動き出したコースターが高さ y で持つ速さを求めよ(10).



$$\frac{1}{2}mv^2 + mgy = mgH$$

答：$\sqrt{2g(H-y)}$．

(2) コースターはHより高いところには登れない．全力学的エネルギーがmgHという事実と，「運動エネルギー」というキーワードを用いて理由を説明せよ(10).

全力学的エネルギーは mgH で保存する．一方，運動エネルギーは v^2 を含み，ゼロより小さくなれないから，最大の位置エネルギーは mgH．したがって最大の高さは H である．

別解： $y > H$ だと(1)の平方根の中がマイナスになってしまうから．