

物理 授業プリント③

<力学 第4章 仕事とエネルギー>

<力学 第5章 運動量と力積>

○仕事

(物理で言う) 仕事 = _____ を加えて何かを動かすこと

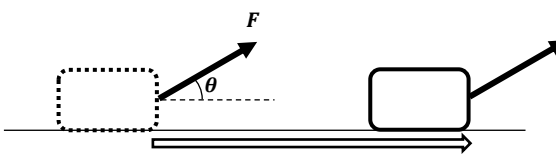
仕事 (_____)

= 物体の _____ にはたらく力の大きさ (_____) × 移動距離 (_____)

大きさ 1 N の力で 1 m 動かしたときの仕事が 1 J である。

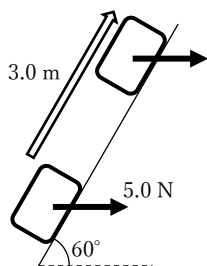
(練習) 質量 5.0 kg の物体が 2.0 m 落下する間に重力がする仕事はいくらか。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

次のように、力の向きと移動方向が異なる場合、



力が物体にする仕事 = _____ である。

(練習) 傾きの角 60° のなめらかな斜面上に置いた物体に、水平方向に一定の大きさ 50 N の力 F を加えつけて、斜面に沿って上向きに 3.0 m だけ動かした。この間に、加えた力 F のした仕事はいくらか。



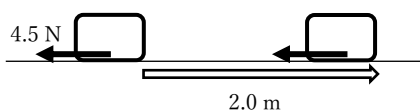
次のように、力の向きが移動方向と逆向きの場合、



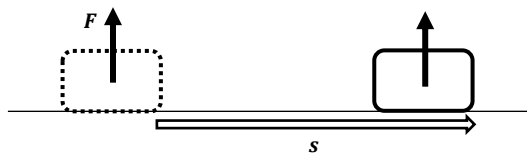
力が物体にする仕事 = _____ である。

_____ という。

(練習) あらい水平面上を物体が運動している。物体にはたらく動摩擦力の大きさを 4.5 N とすると、物体が 2.0 m だけ動く間に動摩擦力のする仕事はいくらか。



次のように、力の向きが移動方向と垂直な場合、



力が物体にする仕事 = _____ である。

※ 物体に仕事しない力の例

- ・面に沿って運動する物体にはたらく _____
- ・糸につながれて回転運動する物体にはたらく _____

(練習) 質量 50 kg のスキーヤーが、傾きの角 30° の斜面に沿って雪面上を 200 m すべりおりた。このとき、スキーヤーには斜面から大きさ 30 N の一定の摩擦力がはたらいていた。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

- (1) 斜面をすべりおりる間に、スキーヤーにはたらく重力のした仕事はいくらか。
- (2) この間に、斜面からスキーヤーにはたらく垂直抗力のした仕事はいくらか。
- (3) この間に、斜面からスキーヤーにはたらく摩擦力のした仕事はいくらか。
- (4) スキーヤーにはたらく合力のした仕事はいくらか。

(練習) あらい水平面上で、質量 0.50 kg の物体に水平方向に大きさ 3.0 N の一定の力を加えつづけて 5.0 m だけ動かした。物体にはたらく合力のした仕事はいくらか。ただし、物体と水平面との間の動摩擦係数を 0.40 とし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

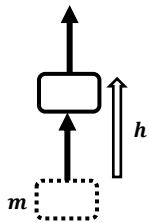
○仕事の原理

仕事の原理 = 道具を使っても、必要な仕事の量は _____

(例) 物体をゆっくり持ち上げるとき

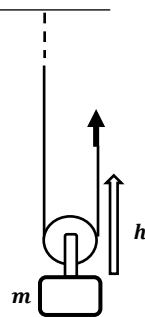
「ゆっくり」 = _____ が0で = _____ がつりあった状態で

直接持ち上げる場合



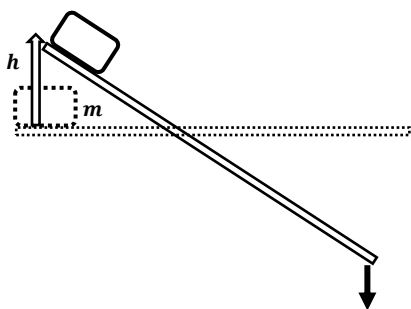
必要な仕事 = _____

動滑車を使う場合



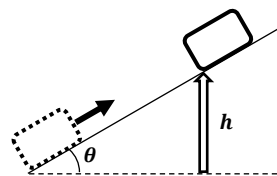
必要な仕事 = _____

てこを使う場合



必要な仕事 = _____

斜面を使う場合



必要な仕事 = _____

(練習) 傾きの角 30° のなめらかな斜面に沿って荷物をゆっくりと引き上げる場合、荷物を引く力の大きさと引く距離は、斜面を使わず荷物を直接同じ高さまでゆっくりと引き上げる場合と比べて、それぞれ何倍になるか。

○仕事率

仕事率 () = _____ あたりの仕事の量 = _____

1 s あたり 1 J の仕事をするときの仕事率を 1 W という。

(練習) リフトを使って質量 500 kg の荷物を 4.0 m だけ高いところへ 20 s 間で持ち上げた。このリフトの仕事率はいくらか。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

(練習) 質量 50 kg の人が、1 階から 4 階まで高さ 10 m 分だけ階段を駆け上がるのに 10 s かかった。このときに、この人自身の重力に逆らってした仕事の仕事率を求めよ。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

速さ v で運動する物体に大きさ F の力がはたらくとき、

この力の仕事率 = _____



と表すことができる。

(練習) あらい水平面上で、物体を水平方向に大きさ 10 N の一定の力で引きつづけたところ、物体は 2.0 m/s の一定の速さで動きつづけた。このとき、引く力の仕事率はいくらか。また、この仕事率で 40 s 間だけ仕事をしたとき、引く力の仕事の総量はいくらか。

○エネルギー

エネルギー () = 物体が持つ _____ できる能力

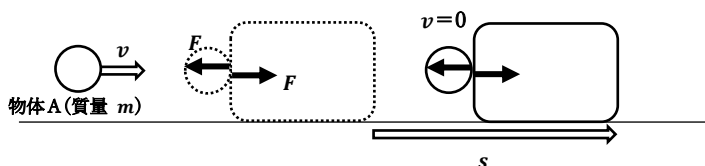
1 J のエネルギー = 1 J の仕事をできる能力

○運動エネルギー

運動エネルギー = _____ いる物体が持つエネルギー

↑

速さ v で運動する質量 m の物体の運動エネルギーは _____ と表される。



物体Aは等加速度直線運動するので、

_____ ... ①

が成り立つ。

また、

物体Aの加速度 $a =$ _____ ... ②

と表せる。

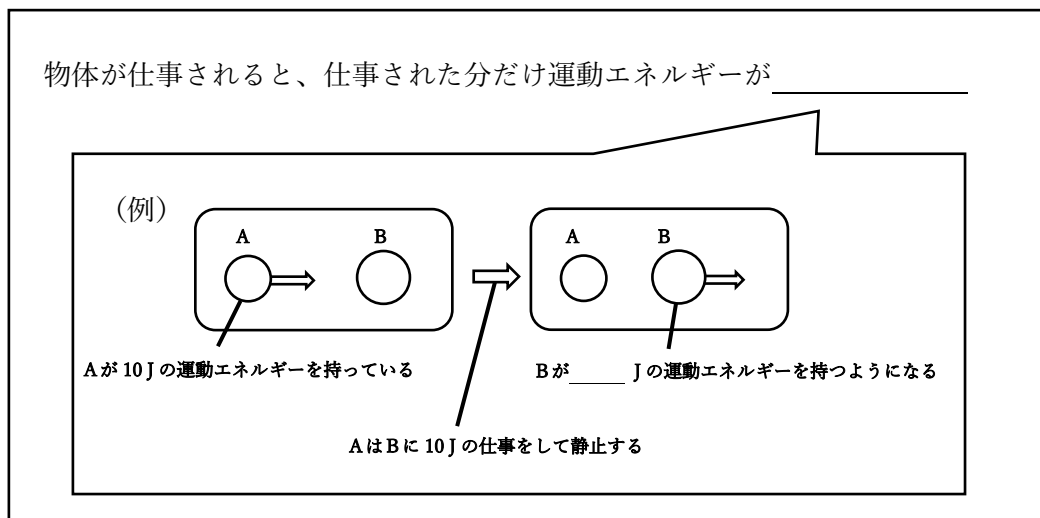
②を①へ代入して整理すると、

物体Aがする仕事 = 物体Aの運動エネルギー = _____

と求められる。

(練習) 速さ 10 m/s で走っている質量 60 kg の人が持つ運動エネルギーはいくらか。

○仕事による運動エネルギーの変化

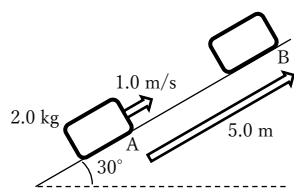


(練習) なめらかな水平面上を速さ 3.0 m/s で動いていた質量 2.0 kg の台車に力を加えつづけたところ、速さが 4.0 m/s になった。この力のした仕事はいくらか。

(練習) 質量 2.0 kg の物体をあらい水平面上に置き、大きさ 3.0 m/s の初速度で滑らせると、1.5 m だけ進んで静止した。物体にはたらく摩擦力の大きさはいくらか。

(練習) 傾きの角 30° のなめらかな斜面上の点Aに置かれた質量 2.0 kg の物体に、斜面に沿って上向きに 1.0 m/s の初速度を与えた。その直後から、斜面に沿って上向きに大きさ 12.8 N の一定の力 F を加えつづけて、点Aより 5.0 m だけ斜面に沿って上方の点Bまで動かした。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

- (1) 物体が点Aから点Bまで動く間に、力 F が物体にした仕事はいくらか。
- (2) この間に、重力が物体にした仕事はいくらか。
- (3) この間に、垂直抗力が物体にした仕事はいくらか。
- (4) 物体が点Bに達したときの速さはいくらか。



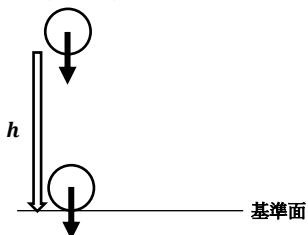
○重力による位置エネルギー

重力による位置エネルギー = 高い位置にある物体が持つエネルギー



基準面から高さ h の位置にある質量 m の物体の重力による位置エネルギーは _____ と表される。

物体A(質量 m)



物体Aが距離 h だけ落下するとき、重力が _____ の仕事をする。

… 物体Aが _____ のエネルギーを持っていると理解できる。

(練習) 質量 5.0 kg の物体が、床からの高さ 1.0 m の机の上に置かれている。次に示す位置を基準としたとき、重力による位置エネルギーはそれぞれいくらになるか。
重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

- (1) 床 (2) 机の上面 (3) 床からの高さ 3.0 m の天井

「どこを基準面としなければならない」という決まりはない。

今後、問題を解くときには計算しやすくなる基準面を自由に決めてよい。

(練習) 質量 2.0 kg の物体を、地面から鉛直上向きに投げ上げた。物体が地上 3.0 m の高さから地上 5.0 m の高さまで上昇する間に、重力が物体にした仕事を求めよ。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

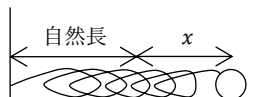
○弾性力による位置エネルギー

弾性力による位置エネルギー = ばねにつながれた物体が持つエネルギー

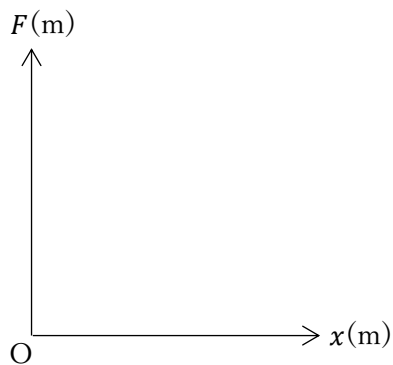


ばね定数 k のばねが自然長から x だけ伸びている (or 縮んでいる) とき、

弾性力による位置エネルギーは _____ と表される。



ばねが自然長に戻るまでの間の、ばねの伸び x と弾性力 F の変化をグラフに表すと、次のようになる。



この面積 = 弾性力がする仕事

(練習) なめらかな水平面上で、ばね定数 k のばねの一端を固定し、他端に台車を取りつける。ばねを自然の長さから x_1 だけ引き伸ばして静かにはなすと、台車は動き出し、ばねの伸びは減少していった。

- (1) 自然の長さからのばねの伸びが x_1 のときと x_2 ($0 < x_2 < x_1$) になったときとで、弾性力による位置エネルギーの変化はいくらか。
- (2) 自然の長さからのばねの伸びが x_1 から x_2 になるまでの間に、ばねの弾性力が台車にした仕事はいくらか。

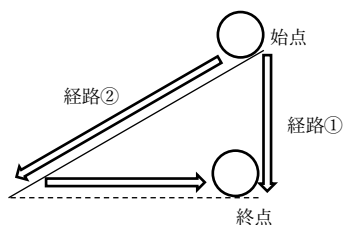
(練習) なめらかな水平面上で、ばね定数 4.0 N/m のばねの一端を固定し、他端に台車を取りつけ、ばねを自然の長さから 0.40 m だけ押し縮めて静かにはなした。台車が動いて、ばねが自然の長さから 0.20 m だけ伸びた状態になるまでの間に、ばねの弾性力が台車にした仕事はいくらか。

○保存力と非保存力

すべての力は、「保存力」と「非保存力」に分けられる。

- ・保存力 = 物体を移動させるときに、その力のする仕事が移動 _____ によらず一定となる力
- ・非保存力 = 物体を移動させるときに、その力のする仕事が移動 _____ によって変わる力

(例) 重力

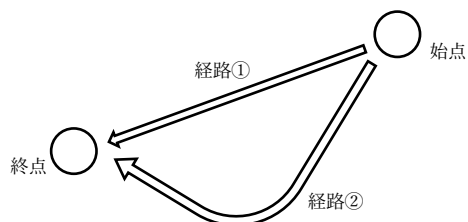


- ・経路①を通る場合：重力のする仕事 = _____
- ・経路②を通る場合：重力のする仕事 = _____



重力は _____ であることが分かる。

(例) 動摩擦力



- ・ | 動摩擦力のする仕事 | は、経路①の場合 _____ 経路②の場合 _____



動摩擦力は _____ であることが分かる。

※ 保存力の例 : _____ ・ _____ ・ _____

これら以外は非保存力と考えてよい。

○力学的エネルギーの保存

力学的エネルギー = _____ と _____ の和

- ・ 重力による位置エネルギー
- ・ 弾性力による位置エネルギー
- ・ 静電気力による位置エネルギー

・ 物体が _____ だけから仕事されるとき、物体の力学的エネルギーは変化しない（保存される）。

力学的エネルギー保存の法則 という。

・ 物体が _____ によって仕事されるとき、_____ から仕事された分だけ物体の力学的エネルギーが変化する。

※ 力学的エネルギーが保存される例

・ 落下運動 : 物体は _____ だけから仕事される。

・ 振り子運動 : 物体は _____ だけから仕事される。

糸の張力 : 物体の移動方向と _____ な向きにはたらくので仕事しない。

・ なめらかな面に沿った運動 : 物体は _____ だけから仕事される。

垂直抗力 : 物体の移動方向と _____ な向きにはたらくので仕事しない。

・ なめらかな水平面上でのばね振り子 : 物体は _____ だけから仕事される。

・ 鉛直ばね振り子 : 物体は _____ と _____ だけから仕事される。

(練習) 地面から 2.5 m の高さのところから小球を自由落下させた。小球が地面に衝突する直前の速さを求めよ。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

(練習) 最下点から 40 m の高さのところを出発したジェットコースターが、最下点を通過するときの速さを求めよ。ただし、ジェットコースターにはたらく摩擦や空気抵抗は無視できるものとし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

(練習) なめらかな水平面上で、ばね定数 $1.0 \times 10^2 \text{ N/m}$ のばねの一端を壁に固定し、他端に質量 $4.0 \times 10^{-2} \text{ kg}$ の物体をつなぐ。ばねの伸びが 0.10 m になるまで物体を引いて、静かにはなした。ばねが自然の長さになったときの物体の速さはいくらか。

(練習) ばね定数 k のばねの一端を天井に取りつけ、他端に質量 m のおもりをつるす。
このばねが自然の長さになるところまでおもりを持ち上げて、静かにはなした。
おもりがつりあいの位置を通過するときの速さと、自然の長さからのばねの伸び
の最大値はそれぞれいくらか。重力加速度の大きさを g とする。

(練習) 質量 2.0 kg の物体をあらい水平面上に置き、大きさ 7.0 m/s の初速度を与えた。
このあと、物体が 5.0 m 動いたときの速さを求めよ ($\sqrt{\quad}$ を使って答えよ)。物体と
水平面との間の動摩擦係数を 0.30 とし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

(練習) 質量 m の物体を手で支えながら、鉛直上向きに距離 h だけ持ち上げた。この
とき、手から物体にはたらく垂直抗力は、一定の大きさ N であった。重力加
速度の大きさを g とする。

- (1) 距離 h だけ持ち上げる間に、重力が物体にした仕事はいくらか。
- (2) この間に、垂直抗力が物体にした仕事はいくらか。
- (3) この間に、物体の力学的エネルギーはどれだけ変化したか。

(練習) 傾きの角 60° のあらい斜面上で、質量 1.0 kg の物体に斜面に沿って上向きに初速度を与えると、物体は斜面に沿って距離 2.5 m だけすべり上がって一瞬静止した。物体に与えた初速度の大きさはいくらであったか ($\sqrt{3} = 1.7$ とし、 $\sqrt{\quad}$ を使って答えよ)。物体と水平面との間の動摩擦係数を 0.40 とし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

