22 仕事／運動とエネルギー

1 仕事

(1) **仕事**　物体に力を加えて，その力の向きに物体を動かしたとき，その力は物体に対して「仕事をした」という。力を加えた物体がその力の向きに動かない場合は，仕事をしたとはいわない。

(2) **仕事の求め方**　単位はジュール(記号：J)。

仕事〔J〕＝物体に加えた力〔N〕
×力の向きに移動させた距離〔m〕

(3) **仕事の原理**　摩擦や道具の質量を考えない場合，てこ，動滑車，斜面などを利用しても，これらを利用しない場合と仕事の大きさは等しくなる。

① てこ　物体を持ち上げる力は小さくてすむが，力を加える距離は大きくなる。

② 動滑車　動滑車を1つ使った場合，力の大きさが半分ですむが，力を加える距離は2倍になる。

③ 斜面　斜面にそって物体を引き上げる力は小さくなるが，力を加える距離が大きくなる。

(4) **仕事率**　一定時間にする仕事の割合。仕事率の大きさで，仕事の能率を比較できる。単位はワット(記号：W)。

1 W＝1 J/s

$$\text{仕事率〔W〕}=\frac{\text{仕事の大きさ〔J〕}}{\text{仕事にかかった時間〔s〕}}$$

2 運動とエネルギー

(1) **エネルギー**　仕事をすることができる能力。ある物体がほかの物体に対して仕事ができる状態にあるとき，その物体は「エネルギーをもっている」という。

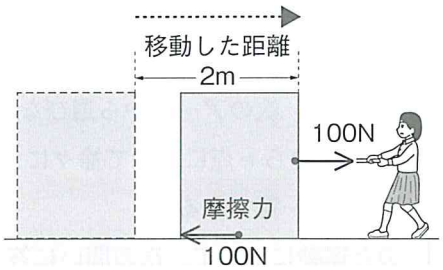
(2) **運動エネルギー**　運動している物体がもっているエネルギー。物体の速さが大きいほど，質量が大きいほど，運動エネルギーが大きい。

(3) **位置エネルギー**　高い位置にある物体がもっているエネルギー。物体の位置が高いほど，質量が大きいほど，位置エネルギーが大きい。

(4) **力学的エネルギー**　位置エネルギーと運動エネルギーの和。

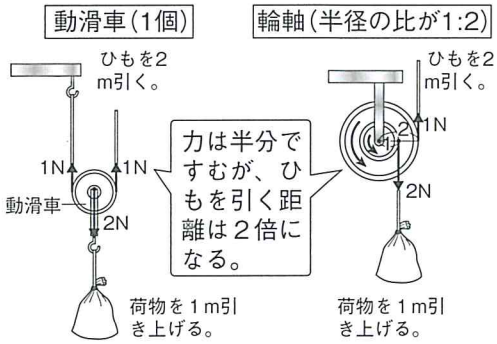
(5) **力学的エネルギーの保存(力学的エネルギー保存の法則)**　摩擦や空気の抵抗がない場合，力学的エネルギーはいつも一定に保たれること。

摩擦力にさからってする仕事

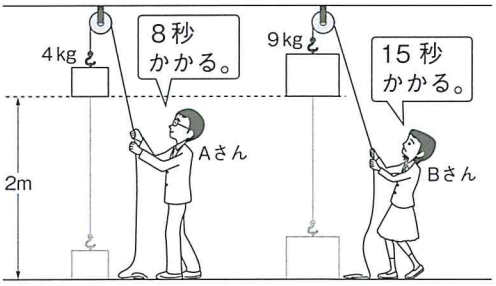


仕事＝100N×2m＝200J

道具を使ったときの力と距離



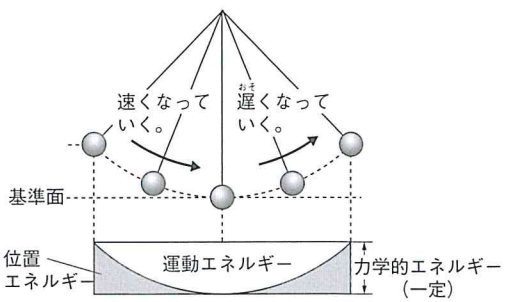
仕事率



Aさんの仕事率＝$\frac{40\text{N}\times 2\text{m}}{8\text{s}}$＝10W

Bさんの仕事率＝$\frac{90\text{N}\times 2\text{m}}{15\text{s}}$＝12W

ふりこの位置エネルギーと運動エネルギー



力学的エネルギー＝位置エネルギー＋運動エネルギー

確認問題

1 ◀仕事▶ 次の問いに答えなさい。

(1) 物体に力を加えて，その力の向きに物体を動かしたとき，その力は物体に対して何をしたというか。

(2) 力を加えた物体がその力の向きに動かない場合，仕事をしたといえるか。

(3) 仕事の単位は何か。

(4) 次の①，②にあてはまる言葉を答えなさい。

仕事〔J〕＝物体に加えた(　①　)〔N〕×力の向きに移動させた(　②　)〔m〕

(5) 20 N の力で荷物を 0.5 m 持ち上げたときの仕事は何 J か。

(6) 水平面である物体を 3 m おしたとき，20 N の摩擦力がはたらいた。このときの仕事は何 J か。

(7) 定滑車を使って荷物を持ち上げるとき，これを利用しない場合と比べて，①加える力の大きさ，②ひもを引く距離はそれぞれどうなるか。

(8) 動滑車を使って荷物を持ち上げるとき，これを利用しない場合と比べて，①加える力の大きさ，②ひもを引く距離はそれぞれどうなるか。

(9) 摩擦や道具の質量を考えない場合，動滑車を利用すると，これを利用しない場合と比べて，仕事の大きさはどうなるか。

(10) (9)のことを何の原理というか。

(11) 次の①，②にあてはまる言葉を答えなさい。

$$\text{仕事率〔W〕}=\frac{\text{仕事の(　①　)〔J〕}}{\text{仕事にかかった(　②　)〔s〕}}$$

(12) 1 W は何 J/s か。

(13) 人が 50 N の力で，荷物を 5 秒間かけて 2 m の高さまで持ち上げた。このときの仕事率は何 W か。

(14) クレーンが 80 kg の物体を 12 m の高さまで，40 秒をかけて引き上げた。このとき，クレーンが物体にした仕事は何 J か。ただし，質量 100 g の物体にはたらく重力の大きさを 1 N とする。

(15) (14)のときのクレーンの仕事率は何 W か。

1
(1)
(2)
(3)
(4)①
②
(5)
(6)
(7)①
②
(8)①
②
(9)
(10)
(11)①
②
(12)
(13)
(14)
(15)

2 ◀運動とエネルギー▶ 次の問いに答えなさい。

(1) 仕事をすることができる能力を何というか。

(2) 運動している物体がもっているエネルギーを何というか。

(3) (2)の大きさは，物体の速さが大きいほどどうなるか。

(4) 高い位置にある物体がもっているエネルギーを何というか。

(5) (4)の大きさは，物体の質量が大きいほどどうなるか。

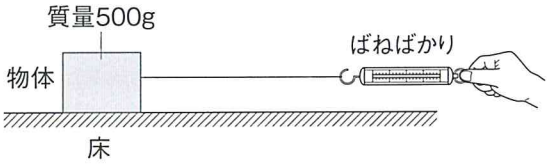
(6) 位置エネルギーと運動エネルギーの和を何というか。

(7) 摩擦や空気の抵抗がない場合，力学的エネルギーがいつも一定に保たれることを何というか。

2
(1)
(2)
(3)
(4)
(5)
(6)
(7)

演習問題

1　右の図のように，水平な床の上に置いた質量 500 g の物体をばねばかりでゆっくりと一定の速さで床に水平に引いたところ，ばねばかりは 3 N を示していた。次の問いに答えなさい。



(1)　ばねばかりを引いたとき，物体と床の間にはたらく力を何というか。

(2)　(1)の力がはたらく向きは，力を加えた向きと同じか，反対か。

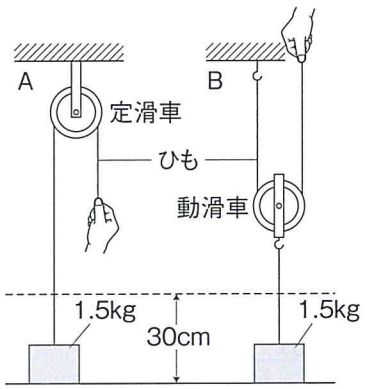
(3)　図の物体を床に水平に 20 cm 引いたとき，手が物体に対して行った仕事は何 J か。

1

(1)	
(2)	
(3)	

これも確認！
図でばねばかりを引いたとき，物体が動かなければ，仕事をしたとはいえない。

2　右の図の A，B のように定滑車と動滑車を使って，1.5 kg の物体を 30 cm の高さまで引き上げた。滑車の質量や摩擦は考えないものとして，次の問いに答えなさい。ただし，質量 100 g の物体にはたらく重力の大きさを 1 N とする。



(1)　A, B で，物体を引き上げているとき，ひもを引く力はそれぞれ何 N か。

(2)　A，B のとき，仕事の大きさはそれぞれ何 J か。

(3)　道具を利用すると，力は小さくなるが，力をはたらかせる距離が大きくなるため，仕事の大きさは変わらない。このことを何というか。

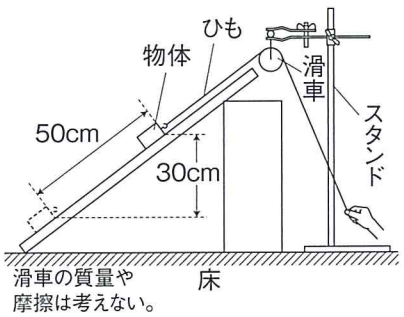
(4)　B では，この仕事をするのに 3 秒かかった。このときの仕事率は何 W か。

2

(1)	A	
	B	
(2)	A	
	B	
(3)		
(4)		

これも確認！
定滑車を使うと，ひもを引く力は物体の重さと等しく，糸を引く距離は物体の移動距離と等しい。

3　右の図のように，滑車を使い，質量 500 g の物体を，斜面にそって，一定の速さで 50 cm 引き上げた。このとき，物体はもとの位置より 30 cm 高い位置に移動した。質量 100 g の物体にはたらく重力の大きさを 1 N として，次の問いに答えなさい。



(1)　物体を引き上げるとき，手がした仕事は何 J か。

(2)　手が物体を引き上げるのに必要な力は何 N か。

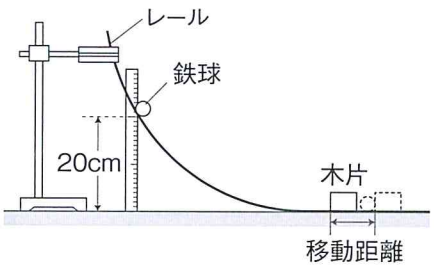
(3)　床に置いたこの物体を斜面や滑車を使わずに，ひもを垂直に引き上げ，物体を床から 90 cm 高い位置へ持ち上げた。このとき，手がした仕事は，図のときの何倍か。

3

(1)	
(2)	
(3)	

これも確認！
同じ仕事をする場合，斜面を使うと，斜面にそって物体を引き上げる力は小さくなるが，力を加える距離が大きくなる。

4 右の図のような装置を用いて，質量が異なる鉄球X，Yを，レール上の高さ20 cmの位置からはなし，木片に衝突させ，木片の移動距離を調べた。右の表は，その結果をまとめたものである。これについて，次の問いに答えなさい。ただし，摩擦力は木片だけが受けるものとし，空気による抵抗は考えないものとする。



鉄球	X	Y
木片の移動距離〔cm〕	9.6	2.4

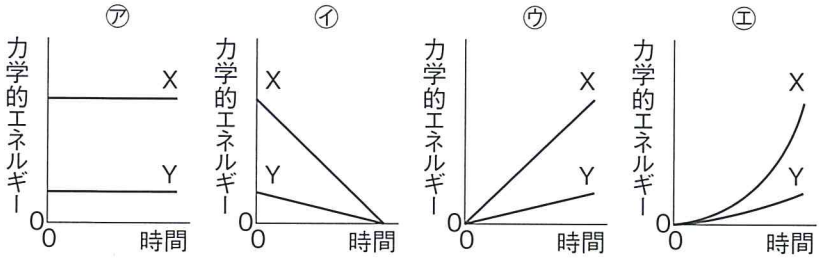
(1) 高いところにある物体がもっているエネルギーを何というか。

(2) 鉄球がレール上を下っているときに増加しているエネルギーは何か。

(3) 鉄球X，Yのうち，質量が大きいと考えられるものはどちらか。

(4) 鉄球Xで，木片の移動距離を2.4 cmにするためには，レール上の高さ何cmの位置からはなすとよいか。

(5) 鉄球をはなしてから木片に衝突するまでの時間と，鉄球がもつ力学的エネルギーの関係を表したグラフとして適切なものを，次の㋐～㋓から1つ選びなさい。

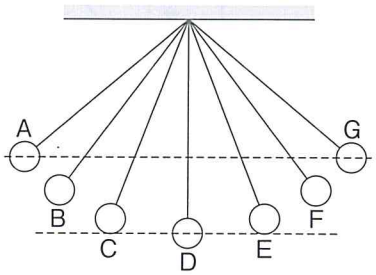


4

(1)	
(2)	
(3)	
(4)	
(5)	

これも確認！
位置エネルギーは物体の位置が高いほど，物体の質量が大きいほど大きい。
運動エネルギーは，物体の速さが大きいほど，物体の質量が大きいほど大きい。

5 右の図は，A点ではなしたおもりがB点，C点…を通り，A点と同じ高さのG点まで上がったときのふりこの運動のようすを表している。これについて，次の問いに答えなさい。ただし，摩擦や空気の抵抗は考えないものとする。



(1) 図のB～G点のうち，おもりの速さが最大になるのはどこか。

(2) 位置エネルギーが増加しているのは，おもりがどの点からどの点へ移動しているときか。次のア～エからすべて選びなさい。

ア A点→D点　　イ D点→G点

ウ G点→D点　　エ D点→A点

(3) 運動エネルギーが増加しているのは，おもりがどの点からどの点へ移動しているときか。(2)のア～エからすべて選びなさい。

(4) 位置エネルギーと運動エネルギーの和を何というか。

(5) 摩擦や空気の抵抗を考えなければ，(4)は一定に保たれる。このことを何というか。

5

(1)	
(2)	
(3)	
(4)	
(5)	

これも確認！
(5)実際のふりこの運動には，摩擦や空気の抵抗があるので，位置エネルギーや運動エネルギーは減少し，おもりはやがてとまる。

実戦問題

1　物体の運動と物体のもっているエネルギーについて調べるため，レール，小球，木片を用いて，次の実験1，2を行った。あとの問いに答えなさい。ただし，小球の運動に関わる摩擦や空気の抵抗はないものとし，小球のもっているエネルギーはすべて木片に伝わるものとする。〈三重改〉

図1

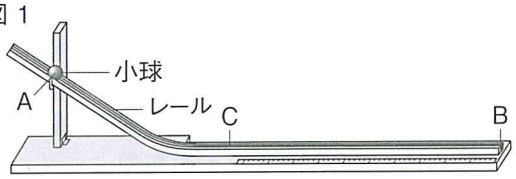


図2

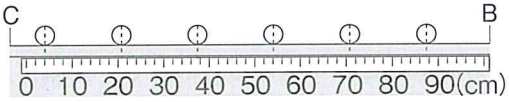
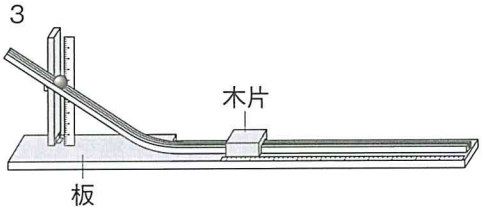


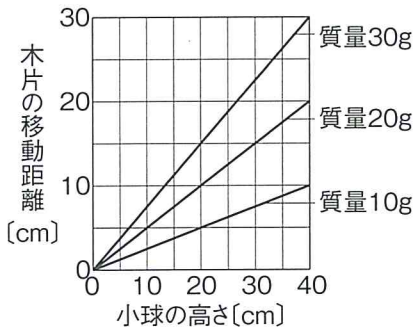
図3



【実験1】　図1のような装置をつくり，斜面上のAの位置から水平面上のBの位置まで小球を転がし，小球の運動のようすを調べた。図2は，水平面上のCの位置とBの位置の間の小球の運動のようすを，ストロボスコープを用いて発光間隔0.1秒で撮影した写真を模式的に示したものである。

【実験2】　図3のように，実験1と同じ装置を用いて，いろいろな高さから質量10 g，20 g，30 gの小球をそれぞれ転がし，レールをまたぐように板の上に置かれた木片に当て，小球の高さと木片の移動距離との関係を調べた。図4は，その結果をグラフに表したものである。

図4



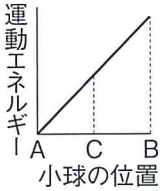
(1)　実験1について，次の①～③の問いに答えなさい。

①　図2のような小球の運動を何というか。その名称を書きなさい。　〔　　〕

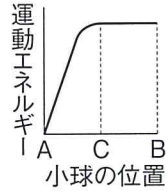
②　Cの位置とBの位置の間の小球の速さは何m/sか。ただし，答えは小数第2位を四捨五入し，小数第1位まで求めなさい。　〔　　〕

③　Aの位置からBの位置まで運動する小球がもっている運動エネルギーについて，模式的に表しているグラフはどれか。もっとも適当なものを，上の㋐～㋓から1つ選びなさい。　〔　　〕

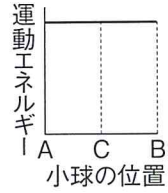
㋐



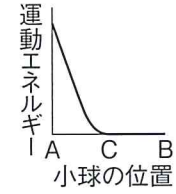
㋑



㋒



㋓



(2)　実験2について，次の①，②の問いに答えなさい。

①　Aの位置から転がった小球が水平面にくるまでの間，減少したエネルギーと，一定で変化しなかった(保存された)エネルギーは何か。もっとも適当なものを，次のア～エからそれぞれ選びなさい。

減少〔　　〕　一定〔　　〕

ア　位置エネルギー　　イ　化学エネルギー　　ウ　電気エネルギー　　エ　力学的エネルギー

②　質量25 gの小球を転がし，木片に当てたとき，木片の移動距離を10 cmにするには，何cmの高さから小球を転がせばよいか。　〔　　〕

アドバイス

1　(1)①図2の小球の間隔が等しいことに注目する。
②図2の小球の中心の位置が目盛りにちょうどきたときの2点を探す。速さを求めるには，移動距離と時間が必要なので，その2点の移動距離と時間を考える。
(2)①Aの位置から転がった小球の高さは低くなっていく。
②質量25 gの小球を転がしたときの木片の移動距離のグラフは，図4の質量20 gと質量30 gのグラフの中間を通ると考えられる。質量25 gのグラフから，小球の高さと木片の移動距離の関係を読みとり，求める高さをx cmとして求める。

2 大きさが同じで，質量200 gの球Aと質量100 gの球Bを用意した。図1のように，のび縮みしない糸の一方の端を天井に固定し，もう一方の端に球Aをつけ，糸がたるまないようにして球AをP点まで持ち上げ，手から静かにはなすと，球AはQ点，R点，S点を通って，P点と同じ高さのT点まで移動した。図2は，この実験で，P点からT点まで移動するときの，球A，球Bそれぞれがもつ位置エネルギーの変化を，模式的に示したものである。次の問いに答えなさい。ただし，質量100 gの物体にはたらく重力の大きさを1 Nとし，摩擦や空気の抵抗は考えないものとする。〈福岡改〉

図1

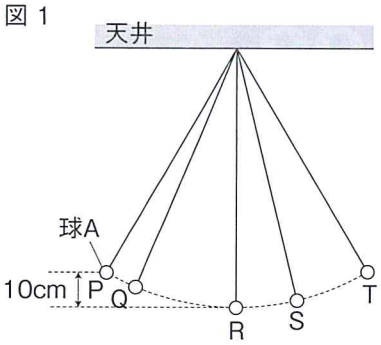
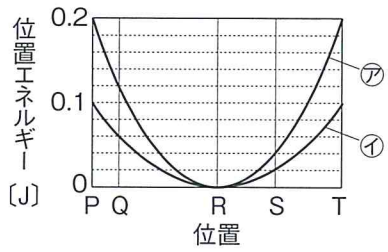


図2



(1) 球Aがもつ位置エネルギーの変化を示したものは，図2の㋐，㋑のどちらか。〔　　〕

(2) (1)のように判断できるのは，物体が同じ高さにある場合，その物体がもつ位置エネルギーがどうなるためか。簡単に書きなさい。〔　　〕

(3) ㋐の位置エネルギーの変化を示す球について，Q点での運動エネルギーは，S点での運動エネルギーの何倍か。〔　　〕

3 同じ台車を用いて実験1～3を行った。あとの問いに答えなさい。ただし，台車にはたらく摩擦力はないものとする。〈岐阜改〉

図1

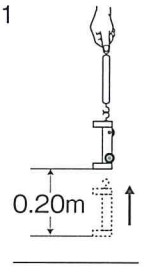
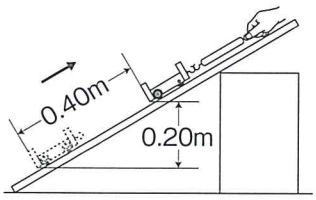


図2

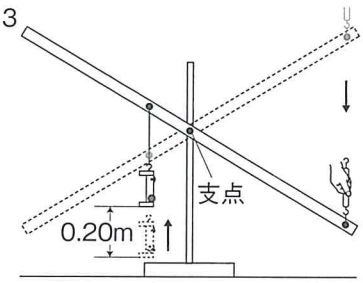


【実験1】 図1のように，台車を一定の速さで手で上向きに0.20 m引き上げた。このとき，ばねばかりは10.0 Nを示した。

【実験2】 図2のように，斜面に置いた台車を一定の速さで手で斜面にそって0.40 m引き上げると，台車はもとの位置より0.20 m高くなった。このとき，ばねばかりは5.0 Nを示した。

【実験3】 図3のようなてこを使って，おしばねばかりを一定の速さで手でおし下げて，台車を0.20 m引き上げた。このとき，おしばねばかりは2.5 Nを示した。

図3



(1) 表の①～③にあてはまる数値を，それぞれ書きなさい。

①〔　　〕 ②〔　　〕

③〔　　〕

	実験1	実験2
手が加えた力の大きさ〔N〕	10.0	5.0
手を動かした距離〔m〕	0.20	②
手がした仕事〔J〕	①	③

(2) 実験3で，台車を0.20 m引き上げるために，おしばねばかりを何m下げたか。〔　　〕

(3) 実験1～3において，同じ速さで手を動かしたとき，手がした仕事率が最大と最小であったのは，実験1，実験2，実験3のどれか。最大〔　　〕 最小〔　　〕

アドバイス

2 (1)(2)位置エネルギーの大きさは，高さや質量によって変化する。
(3)位置エネルギーと運動エネルギーの和である力学的エネルギーの大きさはつねに一定に保たれる。よって，Q点でもS点でも力学的エネルギーは等しい。運動エネルギーは，図2のグラフから読みとった位置エネルギーから求めることができる。

3 (1)①は計算によって求める。②は問題文を読めばわかる。③は計算によって求めるか，仕事の原理から考えてもよい。
(2)てこの左右のうでの仕事の大きさは等しい。
(3)仕事率は，仕事÷時間で求める。実験1～3では，同じ速さで手を動かしたことから，それぞれにかかった時間を考える。