

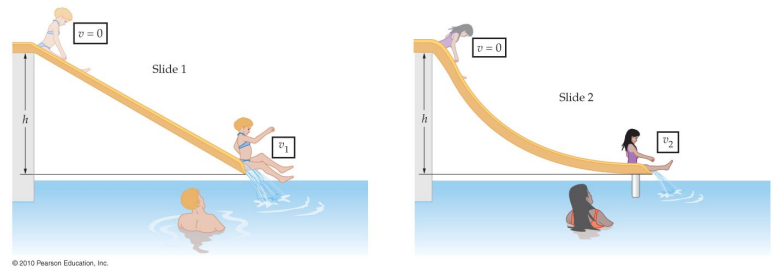
11<sup>th</sup> Physics 4

## Work and Energy

## 仕事とエネルギー

2015-16

- |                                      |                |
|--------------------------------------|----------------|
| 1. Work                              | 仕事             |
| joule                                | ジュール           |
| Principle of Work                    | 仕事の原理          |
| Loading Ramp                         | 傾斜路、斜面         |
| Lever                                | てこ             |
| Movable Pulley                       | 動滑車            |
| Power                                | 仕事率            |
|                                      |                |
| 2. Kinetic Energy                    | 運動エネルギー        |
|                                      |                |
| 3. Potential Energy                  | 位置エネルギー        |
| Gravitational Potential Energy       | 重力による位置エネルギー   |
| Elastic Potential Energy             | 弾性エネルギー        |
|                                      |                |
| 4. Conservation of Mechanical Energy | 力学的エネルギーの保存の法則 |



The concept of force is one of the foundations of physics. Equally fundamental, though less obvious, is the idea that a force times a the displacement through which it acts is also an important physical quantity. We refer to this quantity as the **work** done by a force.

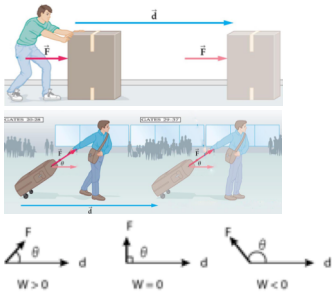
Now, we all know what work means in everyday life: We get up in the morning and go to work, or we “work up a sweat” as we hike a mountain trail. Later in the day we eat lunch, which gives us the “**energy**” to continue working or to continue our hike. In this packet we give a precise physical definition of work, and show how it is related to another important physical quantity – the energy of motion, or **kinetic energy**.

One of the greatest accomplishments of physics is the concept of energy and its conservation. To realize, for example, that there is an important physical quantity that we can neither see nor touch is an impressive leap of the imagination. Even more astonishing, however, is the discovery that energy comes in a multitude of forms, and that the sum total of all these forms of energy is a constant. The universe, in short, has a certain amount of energy, and that energy simply ebbs and flows from one form to another, with the total amount remaining fixed.

In this packet, we focus on **the conservation of energy**, the first “conservation law” to be studied. Though only a handful conservation laws are known, they are all of central importance in physics. Not only do they give deep insight into the workings of nature, they are also practical tools in problem solving. Many problems that would be difficult to solve using Newton’s laws can be solved with ease using the principle of energy conservation. (James S. Walker, “Physics”, 2010 Pearson Education Inc.)

Use  $9.80 \text{ m/s}^2$  as the gravitational acceleration rate,  $g$ , in the following problems.

以下の問題で、重力加速度  $g$  の値は  $9.80 \text{ m/s}^2$  を用いよ。



## 1. 仕事 Work

$$W = F * d \cos \theta \quad [\text{J}] \quad (1)$$

[Q1] Which is “work” in Physics sense?  
次のうち物理でいう「仕事」に当たるのはどれか？

- (a) Carrying desks from the classrooms to the gym to prepare for Zenya-sai. 前夜祭の準備で教室から体育館へ机を運ぶ  
(b) Standing with buckets full of water for one hour in a passage because I slept in class. 授業中に寝たので水入りバケツで廊下に1時間立たされる  
(c) Writing a lab report through the night. 徹夜でラブレポートを書く



(a)



(b)



(c)

[Q2] A boy pushes a 45 kg box with a constant force of 35 N through a displacement 23 m, as shown in the figure. Find the work done by the force.  
右図に示すように、少年が45 kgの箱を35 Nの一定の力で押して23 m進んだ。この力がした仕事を求めよ。(W191)

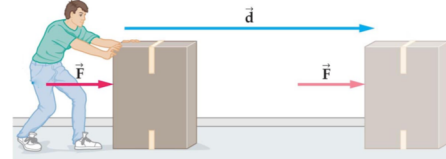


Fig. 2

[Q3] An intern pushes a 72-kg patient on a 15-kg gurney, producing an acceleration of 0.60 m/s<sup>2</sup>. (a) How much work does the intern do by pushing the patient and gurney through a distance of 2.5 m? Assume the gurney moves without friction. (b) How far must the intern push the gurney to do 140 J of work?

看護婦が、72 kgの患者を15 kgのストレッチャーに乗せて押して行くとき2.5 m進んで0.60 m/s<sup>2</sup>の加速度を出す。

- (a) 摩擦は無視できるものとして、看護婦がする仕事を求めよ。(b) 看護婦が140 Jの仕事をするにはどれだけの距離を進むか。(W192)

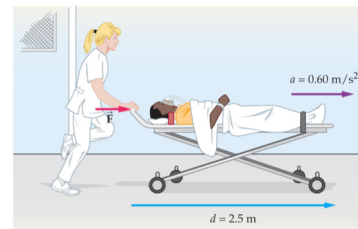


Fig. 3

[Q4] A person pulls a 25 kg suitcase with a strap at an angle of 30° to the direction of motion through a displacement of 55 m, as shown in the figure. Find the work done by the force.

右図に示すように、ある人が25 kgのスーツケースの革ひもを引いている。引く力は35 Nで、進む方向に対して30°上向きである。この人が55 m進んだときこの力がした仕事を求めよ。(W193)

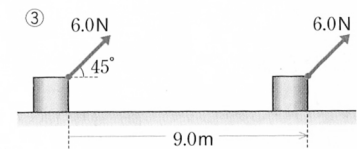
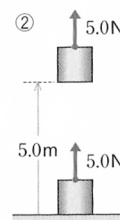
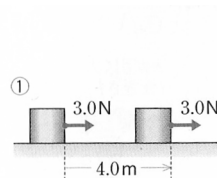


Fig. 4

[Q5] A body is moving with a constant force as shown. Find the work done by the force.

図のように、力を受けながら物体が運動しているとき、図示した力が物体にした仕事はいくらか。

(I211)



[Q6] In a gravity escape system (GES), an enclosed lifeboat on a large ship is deployed by letting it slide down a ramp and then continuing in free fall to the water below. Suppose a 4970-kg lifeboat slides a distance of 5.00 m on a ramp, dropping through a vertical height of 2.50 m. How much work does gravity do on the boat?

図は、重力避難システムで大型船の救命ボートが傾斜したレールを滑り降りて水に落ちる構造をしている。4970 kg の救命ボートが 2.50 m の高さから傾斜を 5.00 m 滑り降りるとするこの間に重力がする仕事はいくらか。

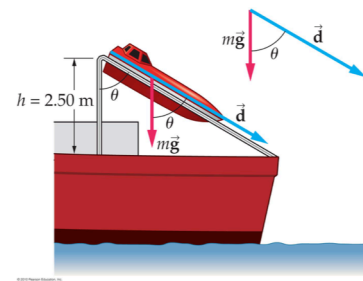


Fig. 6

[Q7] You want to load a 34 kg box into the back of a truck by sliding the box up a loading ramp, as shown in the figure. The height of the truck,  $h$ , is 1.5 m, the distance of the ramp is 4.4 m. (a) Assuming the box slides on the ramp with out friction, find the magnitude of the force required and the work done by the force. (b) Find the magnitude of the force and the work when you lift the box directly to the truck without using the ramp.

あなたは 34 kg の箱をトラックの荷台に入れるのに図のような傾斜板を使って押し上げることにした。トラックの荷台までの高さ  $h$  は 1.5 m、傾斜板の長さは 4.4 m である。箱と傾斜板の間の摩擦は無視できるものとして、(a) 押し上げるのに必要な力の大きさ、およびこの力がする仕事、を求めよ。(b) 傾斜板を使わずに箱を持ち上げるときの力の大きさと仕事を求めよ。

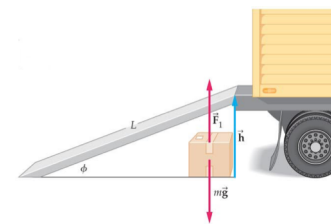


Fig.7

[Q8] To lift a 6000 kg elephant to the height of 1.0 m, a lever is used, where  $L_1 = 2.0$  m and  $L_2 = 20$  m. Compare the forces and works required between the cases using the lever and not using the lever.

体重 6000 kg の象を 1.0 [m]持ち上げるのに「てこ」lever を用いた( $L_1 = 2.0$  m,  $L_2 = 20$  m)。てこを用いないときと用いたときの必要な力と仕事を比較せよ。



Fig. 8

[Q9] There are three kind of pulleys to lift a mass  $m$  [kg] to the height of  $h$  [m]. Compare the forces and works required assuming the friction is negligible.

右の図のような 3 種類の動滑車を用いて質量  $m$  [kg]のものを  $h$  [m]だけ持ち上げるに必要な力と仕事を比較せよ。(滑車の質量は無視できるものとする)

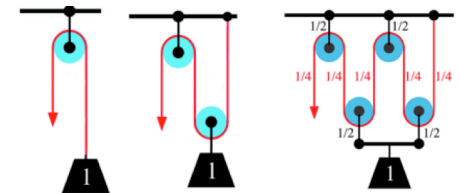
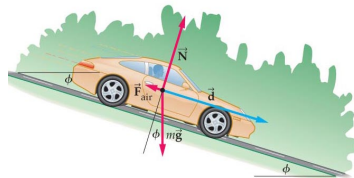


Fig. 9 A

B

C



## 2. 全仕事 Total Work

物体に一つ以上の力がはたらく時

$$\begin{aligned}\Sigma W &= W_1 + W_2 + \cdots + W_n = \Sigma W_n \\ &= F_{total} d \cos \theta\end{aligned}\quad (2)$$

[Q10] A car of mass  $m$  coasts down a hill inclined at an angle  $\alpha$  below the horizontal. The car is acted on by three forces: (i) the normal force exerted by the road, (ii) a force due to air resistance, and (iii) the force of gravity. Find the total work done on the car as it travels  $d$  along the road.

質量  $m$  の車が  $\alpha$  の傾斜角の坂道を滑走している。車にはたらく力は、重力、垂直抗力および摩擦抵抗の3個である。道路に沿って  $d$  [m] 移動するときに、車にはたらく仕事の総量を求めよ。

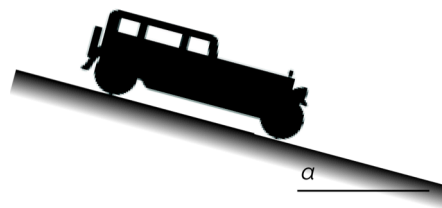


Fig. 10

[Q11] Calculate the total work done on a 1550-kg car as it coasts 20.4 m down a hill with  $\alpha = 5.00^\circ$ . Let the force due to air resistance be 15.0 N.

上の問題で、車の質量が 1550 kg、傾斜角  $\alpha = 5.00^\circ$ 、摩擦力 15.0 N、滑走距離 20.4 m として仕事の総量を求めよ。

[Q12] Consider the car described in Q10. Calculate the total work done on the car using  $W_{total} = F_{total} \cdot d \cos \theta$ .

問題 Q11 で、仕事の総量を合力から求める式、 $W_{total} = F_{total} \cdot d \cos \theta$  を用いて求めよ。



**3. ばねにはたらく力による仕事    Work done by a force exerted on a spring**

平衡点から距離  $x$  変位させたときに外力がばねにする仕事

$$W_{ext} = 1/2 kx^2 \quad [J]$$

平衡点から距離  $x$  変位させたときに弾性力がばねにする仕事

$$W_{ela} = -1/2 kx^2 \quad [J]$$

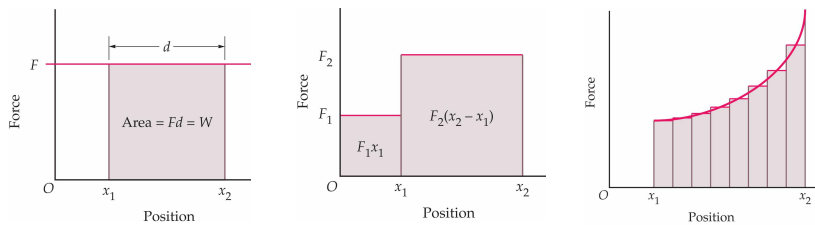
[Q47] (a) A constant force  $F$  acting through a distance  $d$  does a work  $W = Fd$ . Note that  $Fd$  is also equal to the shaded area between the force line and the  $x$  axis. 一定の大きさの力  $F$  が距離だけ働いたときの仕事は  $W = Fd$  であるがこれは  $F$ - $x$  グラフの図の面積に等しい。

(b) Consider a force that has the value  $F_1$  from  $x=0$  to  $x=x_1$  and a different value  $F_2$  from  $x = x_1$  to  $x=x_2$  as shown Fig. b. Find the total work.

図 b のように、0 から  $x_1$  までは力  $F_1$ 、 $x_1$  から  $x_2$  までは力  $F_2$  が働くときの仕事の合計を  $F$ - $x$  グラフで求めよ。

(c) Find how to obtain the work done by a variable force shown in Fig. c.

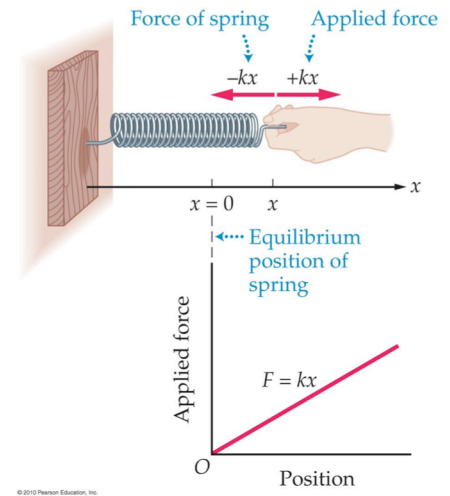
図 c のように変化する力による仕事を求める方法を説明せよ。



(a)

(b)

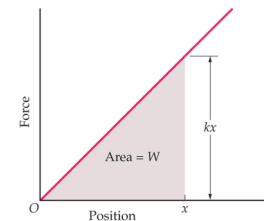
(c)



(d)

[Q48] In a spring having a force constant  $k$  shown in Fig. d, find the work done by an applied force in shrinking a spring from a stretched position  $x=d$  to the equilibrium position  $x=0$ . Also find the work done by the elastic force of the spring.

図 d のように、ばね定数  $k$  のばねを  $x=0$  (平衡点) から  $x$  まで伸ばしたときの外力のする仕事を求めよ。また、弾性力のする仕事を求めよ。



[Q49] In a spring having a force constant  $k$  shown in Fig. d, find the work done by an applied force in stretching a spring from  $x=0$  (equilibrium) to the general position  $x$ . Also find the work done by the elastic force of the spring.

図 d のように、ばね定数  $k$  のばねを伸ばした位置  $x=d$  から平衡点  $x=0$  まで縮めたときの外力のする仕事を求めよ。また、弾性力のする仕事を求めよ。

A pinball has a spring with a force constant  $k = 405 \text{ N/m}$ . Find the work required to compress 3.00 cm. ばね定数が  $405 \text{ N/m}$  のばねを持つピンボールがある。このばねを 3.00 cm 縮めるのに必要な仕事はいくらか。





## 4. Power 仕事率

$$P = \frac{W}{t} \quad [\text{W}] \quad (3)$$

[Q66] An electric motor can lift a 15 kg box vertically a distance 22 m for 26 s.

Find the power of this motor.

15 kg の箱を 26 秒で 22 m 鉛直上向きに持ち上げるモーターの仕事率を求めよ。

(I213)



Fig. 56

[Q67] To pass a slow-moving truck, you want your fancy  $1.30 \times 10^3\text{-kg}$  car to accelerate from 13.4 m/s to 17.9 m/s in 3.00 s. What is the minimum power required for this pass?

動きの遅いトラックを追い越そうと、 $1.30 \times 10^3\text{-kg}$  の乗用車が 3.00 秒間に 13.4 m/s から 17.9 m/s に加速する。この追い越しに必要な仕事率はいくらか。(W207)

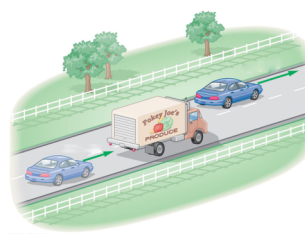


Fig. 57

[Q68] You raise a bucket of water from the bottom of a deep well. If your power output is 108 W, and the mass of the bucket and the water in it is 5.00 kg, with what speed can you raise the bucket? Ignore the weight of the rope. 君は深い井戸の底からバケツの水を引き上げている。もし君の仕事率が 108W でバケツの水の質量が 5.00 kg とすれば、君がバケツを引き上げる速さはいくらか。ロープの重さは無視せよ。(W213-47)



Fig. 58

**5. Kinetic Energy 運動エネルギー**

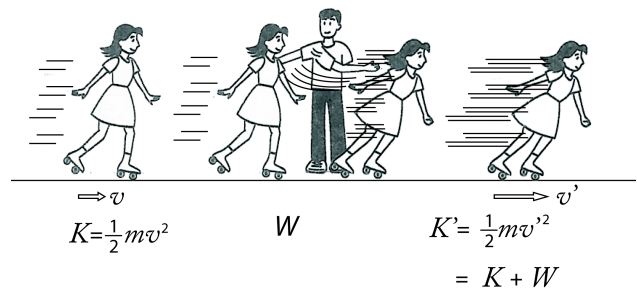
$$K = \frac{1}{2} m v^2 \quad [\text{J}] \quad (3)$$

仕事-エネルギーの定理 Work-Energy Theorem

「全仕事は運動エネルギーの増分に等しい」

$$\sum W = \Delta K = K' - K = \frac{1}{2} m v'^2 - \frac{1}{2} m v^2 \quad (4)$$

$K, v : \text{Before} \quad K', v' : \text{After}$



[Q16] A car of 1400 kg is moving at 36 km/h. (a) Find the kinetic energy of the car. (b) By what multiplicative factor does the kinetic energy of the truck increase if its speed is doubled? 質量が 1400 kg の自動車 が 36 km/h で走っている。(a) 自動車の運動エネルギーはいくらか。(b) 速さが 2 倍になると運動エネルギーは何倍になるか。(I125)



Fig. 16

[Q17] A truck moving at 15 m/s has a kinetic energy of  $4.2 \times 10^5 \text{ J}$ . What is the mass of the truck? 15 m/s の速さで  $4.2 \times 10^5 \text{ J}$  で走っているトラックがある。このトラックの質量はいくらか。(W199)

[Q18] How much work is required for a 69 kg sprinter to accelerate from rest to 2.5 m/s? 69 kg の走者が止まっている状態から 2.5 m/s に加速するにはどれだけの仕事が必要か。(W199)



[Q19] A 4.10-kg box of books is lifted vertically from rest a distance of 1.60 m with a constant, upward applied force of 52.7 N. Find (a) the work done by the applied force, (b) the work done by gravity, and (c) the final speed of the box. 4.10 kg の本箱に 52.7 N の一定の力を上方に加えて、静止状態から垂直に 1.60 m 持ち上げる。(a) この力のする仕事を求めよ。(b) 重力のする仕事を求めよ。(c) 箱の最終速度を求めよ。(W199)

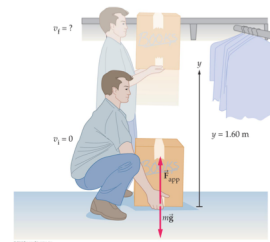


Fig. 19

(摩擦のする仕事)

[Q22] A 1.0 kg body is moving on a horizontal rough plane. The body passes at point A with a speed of 3.0 m/s and then at point B with a speed of 2.0 m/s. The distance between A and B is 0.50 m. (a) Find the work done by the kinetic frictional force between A and B. (b) Find the magnitude of the kinetic frictional force. (c) Find the coefficient of kinetic friction.

質量 1.0 kg の物体があらい水平面を運動している。物体の速さは、点 A を通過するときには 3.0 m/s、点 B を通過するときには 2.0 m/s であった。点 AB 間の距離は 0.50 m である。(a) 点 AB 間で動摩擦力がした仕事を求めよ。(b) 動摩擦力の大きさを求めよ。(c) 動摩擦係数を求めよ。

(I216)

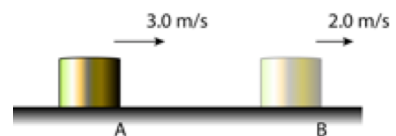


Fig. 22

**6. Gravitational Potential Energy      重力による位置エネルギー**

Work done by a Conservative Force and Potential Energy

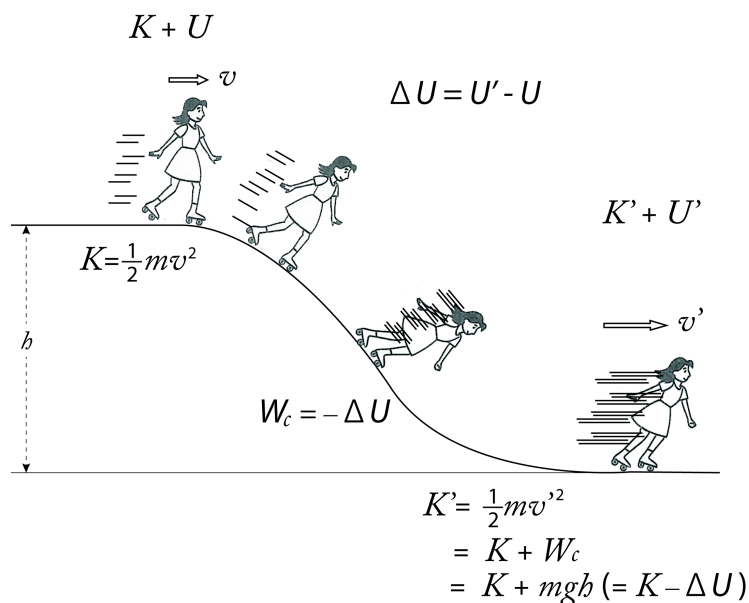
保存力がした仕事と位置エネルギー

$$\Delta U \equiv U' - U \equiv -W_c \quad (5)$$

Gravitational Potential Energy 重力による位置エネルギー

$$U = mgh \quad [J] \quad (6)$$

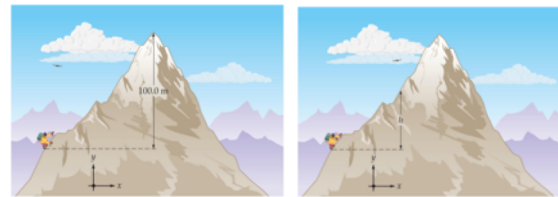
( 基準面を決める必要がある )



Q33] Find the gravitational potential energy of a 2.0 kg body when it is 5.0 m high from the ground. Let  $U = 0$  be at the ground. 質量 2.0 kg の物体が、地上から 5.0 m の高さにあるとき、この物体の地面を基準面としたときの重力による位置エネルギーはいくらか。

[Q34] By what multiplicative factor does the gravitational potential energy of a body increase if its mass is doubled? 基準面からの高さが変わらないとき、物体の持っている位置エネルギーは質量が 2 倍になると、何倍になるか。

[Q35] An 82.0 kg climber is in the final stage of the ascent of 4301-m-high Pikes Peak. What is the change in gravitational potential energy as the climber gains the last 100.0 m of altitude? Let  $U = 0$  be (a) at sea level or (b) at the top of the peak. 82.0 kg のクライマーが海拔 4301 m の Pikes Peak 登頂まで高度差 100.0 m を残すだけとなった。この 100.0 m を登ることによる位置エネルギーの変化を、(a) 基準面を海面、および (b) 山頂、として計算せよ。



(食品のエネルギーと力学的エネルギー)

[Q36] A candy bar called the Mountain Bar has a calorie content of 212 kcal, which is equivalent to an energy of  $8.87 \times 10^5$  J. If an 81.0 kg mountain climber eats a Mountain bar and magically converts it all to potential energy, what gain of altitude would be possible? マウンテンバーと呼ばれる菓子は、212 kcal のカロリーがありこれは  $8.87 \times 10^5$  J に等しい。もし 81.0 kg の登山家がこれを食べてその全てを位置エネルギーに変えることができたすると標高差でどれだけの高さを登ることができるか。



**7. Conservation of Mechanical Energy 力学的エネルギー保存則 - 1**

(重力の位置エネルギーの系で、まさつなどの非保存力のない系)

$$E = U + K = \text{constant} \quad (8)$$

$$E = mgh + \frac{1}{2} m v^2 = \text{constant}$$

[Q41] A 1.0 kg mass is thrown upward with an initial speed of 28 m/s. (a) Find the kinetic energy of the mass when it reaches the height of 30 m. (b) Find the speed of the mass when it reaches the height of 30 m. (c) Find the maximum height the mass can reach.

質量 1.0 kg の物体を 28 m/s の速さで真上に投げた。(a) 物体の高さが 30 m になったときの運動エネルギーを求めよ。(b) またこのときの速さはいくらか。(c) また最高点の高さはいくらか。 (I221)

[Q42] In the diagram, a block starts from rest at A, slides down along a frictionless track to the bottom B, and goes up to the point C. (a) Find the speed at the point B. (c) Find the speed at the point C, assuming the air resistance is negligible.

右図で、物体が A 点で静止状態から摩擦の無い斜面を滑り降り、坂の底 B を過ぎ、点 C まで登った。(a) 点 B における速さを求めよ。(b) 点 C における速さを求めよ。空気抵抗は無視できると仮定する。

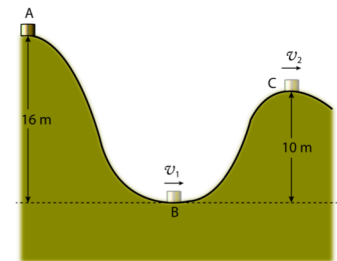


Fig. 42

[Q43] At the end of a graduation ceremony, graduates fling their caps into the air. Suppose a 0.120-kg cap is thrown straight upward with an initial speed of 7.85 m/s, and their frictional force can be ignored. (a) Use kinematics to find the speed of the cap when it is 1.18 m above the release point. (b) Use conservation of mechanical energy to find the speed of the cap when it is 1.18 m above the release point.

卒業式で卒業生は帽子を空に投げ飛ばす。0.120 kg の帽子が初速度 7.85 m/s で真上に放られたとしよう。空気による抵抗を無視したとき、(a) 運動の式を使って、1.18 m 上での帽子の速度を求めよ。(b) 力学的エネルギー保存則を使って、1.18 m 上での帽子の速度を求めよ。 (W228)

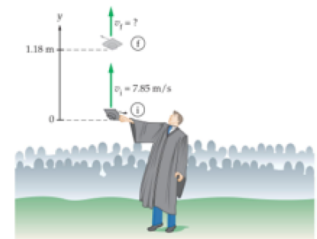


Fig. 43

[Q44] If the initial speed  $v_i$  and the release point  $y_i$  is assumed to be constant, how does the speed of the cap change above 1.18 m depending on the path as shown?

帽子を投げるとき、初速度は同じで真上で投げたときと斜めに投げたとき 1.18 m 上での帽子の速さはどのように変わるだろうか？ (W229)

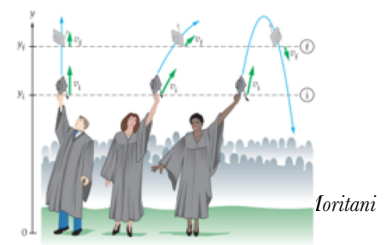


Fig. 44

[Q45] In the bottom of the ninth inning, a player hits a 0.15-kg baseball over the outfield fence. The ball leaves the bat with a speed of 36 m/s, and a fan in the bleachers catches it 7.2 m above the point where it was hit. Assuming frictional forces can be ignored, find (a) the kinetic energy of the ball when it is caught and (b) its speed when caught.

9回の裏2アウトの土壇場で、バッターが 0.15 kg のボールを外野深くに打った。打たれたときボールの速さは 36 m/s で、スタンドの観客がそれをつかんだのはバッターの位置より 7.2 m 高かった。空気の抵抗を無視して次を求めよ。(a) 観客がつかんだときの運動エネルギー、(b) そのときの速さ。(W230)

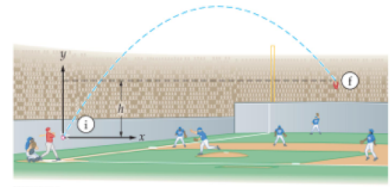
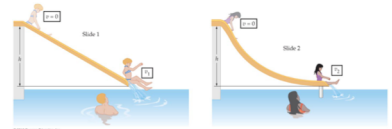


Fig. 16

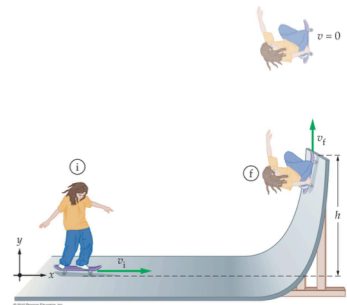
[Q44] Swimmers at a water park can enter a pool using one of two frictionless slides of equal height. Slide 1 approaches the water with a uniform slope; slide 2 dips rapidly at first, then levels out. Which slide gives faster speed at the water?

プールに摩擦が無視できる2種類のウォータースライダーがある。ひとつは勾配が一定で、もうひとつは最初は急で後半緩やかな形をしている。スライダーの最後での速さはどちらが速いか。(W231)



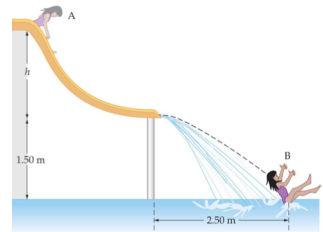
[Q45] A 55-kg skateboarder enters a ramp moving horizontally with a speed of 6.5 m/s and leaves the ramp moving vertically with a speed of 4.1 m/s. (a) Find the height of the ramp, assuming no energy loss to frictional forces. (b) What is the skateboarder's maximum height above the bottom of the ramp?

55 kg のスケートボーダーが 6.5 m/s の速さで水平に滑走して傾斜面に来た。鉛直面で離れたときの速さは 4.1 m/s である。摩擦抵抗が無視できるものとして次を求めよ。(a) 鉛直の滑走面を離れたときの高さ。(b) 空中での最高の高さ。(W232)



[Q46] The water slide shown in the figure ends at a height of 1.50 m above the pool. The ending part is horizontal. If the person starts from rest at point A and lands in the water at point B 2.50 m far from the end of the slide, what is the height h of the water slide? (Assume the water slide is frictionless.)

図に示すようなウォーター滑り台があり、滑り台の最後の部分は水面から 1.50 m の高さになり水平となっている。もし人が A で静止状態から滑り出し滑り台の最後から 2.50 m 離れた水面 B に落ちたとすれば、ウォーター滑り台の高さ h はいくらか。(ウォーター滑り台の摩擦は無視できるものとする) (W249)





# 8. Elastic Potential Energy ばねの弾性力による位置エネルギー

Elastic Potential Energy ばねの弾性力による位置エネルギー

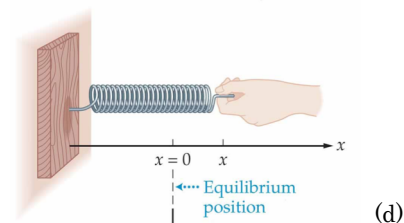
$$U = \frac{1}{2} kx^2$$

[J]

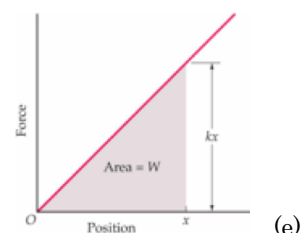
(7)

[Q48] In a spring having a force constant  $k$  shown in Fig. d, find the work done by an applied force in stretching a spring from  $x=0$  (equilibrium) to the general position  $x$ . Also find the work done by the elastic force of the spring.

図 d のように、ばね定数  $k$  のばねを  $x=0$  (平衡点) から  $x$  まで伸ばしたときの外力のする仕事を求めよ。また、弾性力のする仕事を求めよ。



(d)

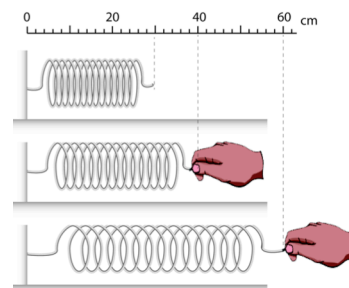


(e)

[Q50] A spring has a force constant  $k = 40 \text{ N/m}$  and an original length of 40 cm.

(a) Find the elastic potential energy when it is stretched to 40 cm. (b) Find the work required to stretch from 40 cm to 60 cm.

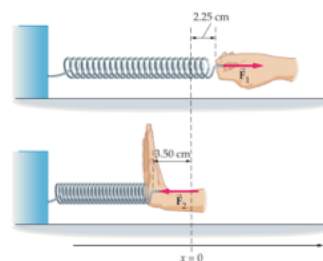
ばね定数 40 N/m、自然長が 30 cm のばねがある。(a) ばねの長さが 40 cm のとき、弾性エネルギーはいくらか。(b) この状態から、ばねの長さを 60 cm にしたとき、ばねを伸ばす力のした仕事はいくらか。



[Q51] When a force of 120.0 N is applied to a certain spring, it causes a stretch of 2.25 cm. What is the potential energy of this spring when it is (a)

compressed by 3.50 cm or (b) expanded by 7.00 cm?

120.0 N の力をばねに加えたら 2.25 cm 伸びた。(a) このばねを 3.50 cm 縮めたとき、あるいは(b) 7.00 cm 伸ばしたときの位置エネルギーはいくらか。 (W225)



**9. Conservation of Mechanical Energy      力学的エネルギー保存則-2**

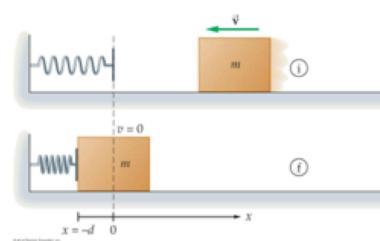
(弾性力の位置エネルギーの系で、まさつなどの非保存力のない系)

$$E = U + K = \text{constant} \quad (8)$$

$$E = \frac{1}{2} k x^2 + \frac{1}{2} m v^2 = \text{constant}$$

[Q60] A 1.70-kg block slides on a horizontal, frictionless surface until it encounters a spring with a force constant of 955 N/m. The block comes to rest after compressing the spring a distance of 4.60 cm. Find the initial speed of the block.

1.70 kg の物体が摩擦のない水平面を滑ってきてばね定数 955 N/m のばねに衝突した。物体はばねを圧縮してばねは最大 4.60 cm 縮んだ。物体の最初の速さを求めよ。

**10. Conservation of Mechanical Energy      力学的エネルギー保存則-3**

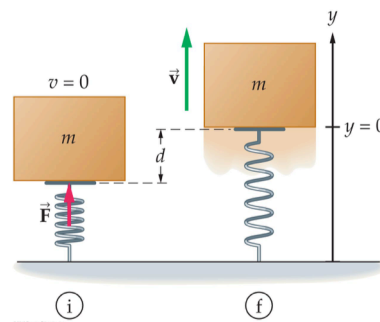
(重力と弾性力の複合位置エネルギーの系で、非保存力、まさつのない系)

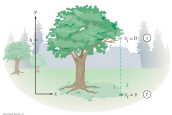
$$E = U + K = \text{constant} \quad (8)$$

$$E = mgh + \frac{1}{2} k x^2 + \frac{1}{2} m v^2 = \text{constant}$$

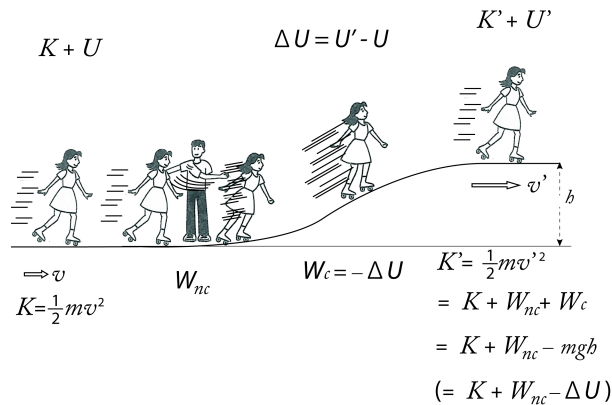
[Q61] When a force of 44.0 N is applied to a certain spring, it causes a stretch of 4.60 cm. A 1.85 kg block is placed on the spring, as shown in the figure. Initially the spring is compressed 4.32 cm and the block is at rest. When the block is released, it accelerated upward. Find the speed of the block when the spring has returned to its equilibrium position.

44.0 N の力をばねに加えたら 4.60 cm 伸びた。このばねの上に 1.85 kg の物体を図のように載せた。最初にばねを 4.32 cm 縮ませて止めた。この状態から離すと、物体は上方に加速した。ばねが平衡の位置に戻ったときの物体の速さを求めよ。



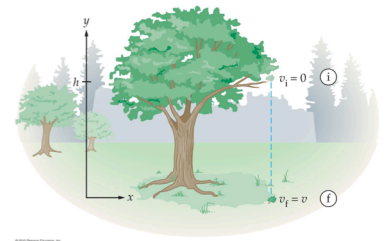

**11. Work done by Non-Conservative Force and Mechanical Energy 非保存力のする仕事と機械的エネルギー**

$$W_{nc} = \Delta E = E' - E \quad (9)$$



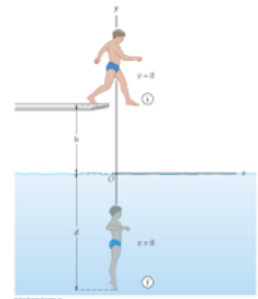
[Q62] Deep in the forest, a 19.5 g leaf falls from a tree and drops straight to the ground. Its initial height was 7.89 m and its speed on landing was 1.50 m/s. Find the frictional force that acted on the leaf while it was falling.

森の中で、19.5 g の一枚の葉が地上 7.89 m の木の枝から離れまっすぐ地面に落ちた。地面に着く直前の速さは 1.50 m/s である。落ちるあいだにこの葉にはたらいた摩擦抵抗力はいくらか。



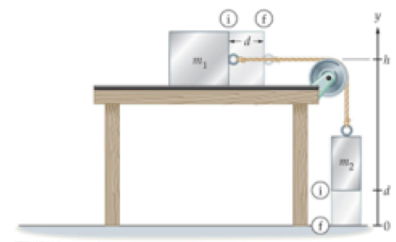
[Q63] A 95.0 kg diver steps off a diving board and drops into the water 3.00 m below. At some depth d below the water's surface, the diver comes to rest. If the nonconservative work done on the diver is  $W_{nc} = -5120$  J, what is the depth, d?

95.0 kg のダイバーがジャンプ台から 3.00 m 下の水面に落ちた。水面下 d でダイバーの速さは 0 になった。もし水の摩擦抵抗力のした仕事が  $W_{nc} = 5120$  J とするとダイバーの潜った深さはいくらか。



[Q64] A block of mass  $m_1 = 2.40$  kg is connected to a second block of mass  $m_2 = 1.80$  kg, as shown here. When the blocks are released from rest, they move through a distance  $d = 0.500$  m, at which point  $m_2$  hits the floor. Given that the coefficient of kinetic friction between  $m_1$  and the horizontal surface is  $\mu' = 0.450$ , find the speed of the blocks just before  $m_2$  lands.

$m_1 = 2.40$  kg の物体 1 が机の上であり  $m_2 = 1.80$  kg の物体 2 につながれている。両方が止まった状態から放たれたとき、 $d = 0.500$  m 動いて物体 2 が床に触れた。物体 1 と机の面の動摩擦係数は  $\mu' = 0.450$  である。物体 2 が床に触れたときの速さを求めよ。



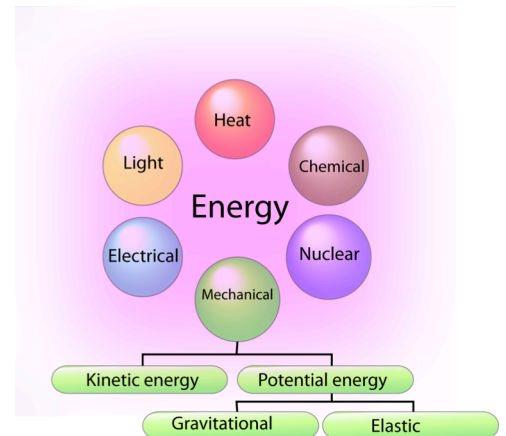
## 4. Energy エネルギー

**"Energy Is the Ability to Do Work."**

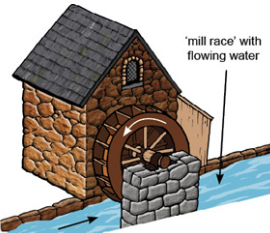
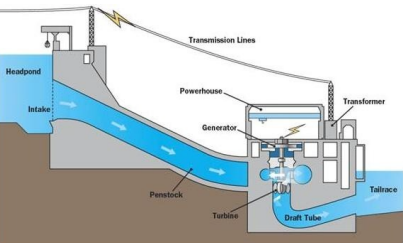


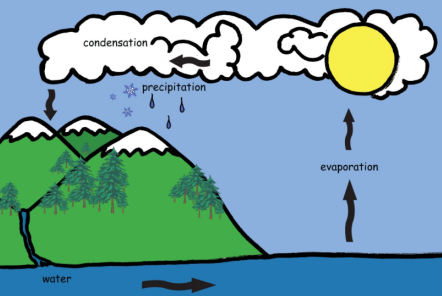


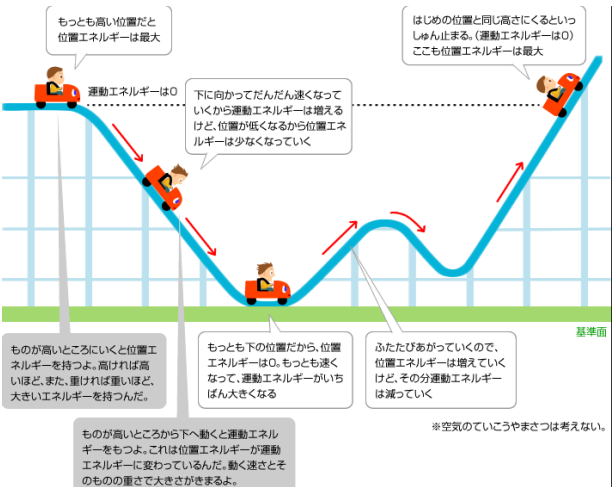

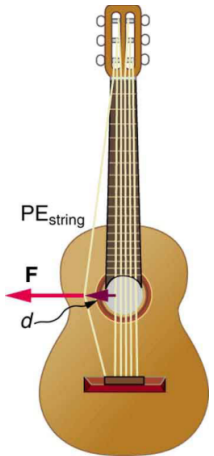


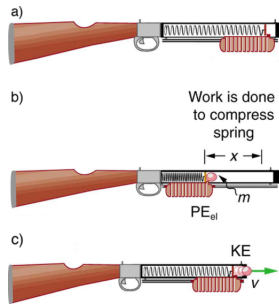
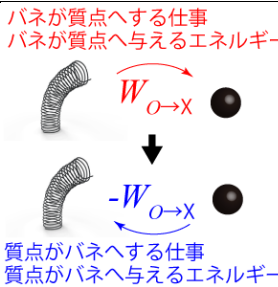
「エネルギーとは仕事をする能力である。」

Energy can be found in a number of different forms. It can be chemical energy, electrical energy, heat (thermal energy), light (radiant energy), mechanical energy, and nuclear energy. Energy can be changed in one form to another. In the beginning, we will study about mechanical energy that can be either kinetic energy or potential energy. Concerning potential energy, we will study two types, gravitational potential energy and elastic potential energy of a spring.

エネルギーは様々な形態をとる。代表的な形態は、化学エネルギー、電気エネルギー、熱（熱エネルギー）、光（放射エネルギー）、力学的エネルギー、原子核エネルギー、である。エネルギーはある形態から他の形態に転換できる。最初に、力学的エネルギーについて学ぶ。力学的エネルギーは、運動エネルギーと位置エネルギーがあり、位置エネルギーは、重力による位置エネルギーとばねの弾性力による位置エネルギーについて学ぶ。



 1.	 2.	 3.	 4.
 5.	 6.	 7.	
 8.	 9.	 10.	

 <p>11.</p>	 <p>12.</p>	 <p>13.</p>	 <p>14.</p>
 <p>15.</p>	 <p>16.</p>	 <p>17.</p>	
 <p>18.</p>	 <p>19.</p>	 <p>20.</p>	
 <p>21.</p>	 <p>24.</p>	 <p>25.</p>	 <p>26.</p>



Potential and kinetic energy

Gravitational PE

Kinetic energy

Chemical PE

Pressure PE

Electrical PE

As a bond breaks, the free, potential energy comes out. Spontaneous bonds will then form in a way that is the most stable.

In this example, another atom present in the vicinity, (orange) can form a stronger bond with the green atom than the blue one did.

The stronger bond forms over the weaker one. Therefore, some energy was left over. This energy can be used to do work. This is the potential energy in a molecule.

27.
28.

29.
30.

31.

12. Density 密度

密度	Density	$\rho = \frac{m}{V}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	(5)
----	---------	----------------------	----------------------	-----

[Q18] If a given sample of metal is found to have a mass of 302 g and a volume of 26.7 cm<sup>3</sup>, what is the density of that metal in g/cm<sup>3</sup> and in kg/m<sup>3</sup>?

ある金属塊の質量が 302 g で体積が 26.7 cm<sup>3</sup> であるとき、その密度はいくらか。g/cm<sup>3</sup> と kg/m<sup>3</sup> で表せ。

[Q19] Find the magnitude of gravity exerted on the object having a volume V [m<sup>3</sup>] and a density  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>].

体積 V [m<sup>3</sup>]、密度  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] の物体にはたらく重力はいくらか。

[Q20] Table is a list of examples of densities. Explain how Archimedes found the method to determine whether some silver had been substituted in a gold crown by the dishonest goldsmith.

右の表は、いくつかの物の密度を示している。アルキメデスは、王冠が純金でできているかあるいは不正な金細工師が銀を混ぜたかを定める方法を見つけたがそれはどんな方法だろうか。

TABLE 15-1 Densities of Common Substances

Substance	Density (kg/m <sup>3</sup> )
Gold	19,300
Mercury	13,600
Lead	11,300
Silver	10,500
Iron	7860
Aluminum	2700
Ebony (wood)	1220
Ethylene glycol (antifreeze)	1114
Whole blood (37 °C)	1060
Seawater	1025
Freshwater	1000
Olive oil	920
Ice	917
Ethyl alcohol	806
Cherry (wood)	800
Balsa (wood)	120
Styrofoam	100
Oxygen	1.43
Air	1.29
Helium	0.179

© 2010 Pearson Education, Inc.



Fig. 20

[Q21] Overflow Can (Eureka Can)



# 13. Buoyancy and Archimedes' Principle 浮力とアルキメデスの原理

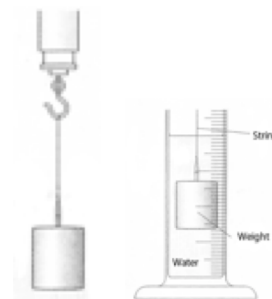
## アルキメデスの原理 Archimedes' Principle

An object completely immersed in a fluid experiences an upward buoyant force equal in magnitude to the weight of fluid displaced by the subject.

$$\text{浮力 } Buoyancy = \rho_f V g \quad [N] \quad (6)$$

[Q22] A weight is attached to a spring scale. When the weight is suspended in air, the scale reads 20.0 N; when it is completely immersed in water, the scale reads 17.7 N. What is the volume, mass and density of the weight?

おもりをばねはかりに吊るした。空気中では 20.0 N を示し、水中に完全に浸したときには 17.7 N を示した。このおもりの体積、質量および密度を求めよ。



[Q23] An air mattress is 3.45 m long, 0.995 m wide, and 25.6 cm deep. The mass of the air mattress is 2.50 kg.

What is the maximum mass the mattress can support in freshwater?

あるエアマットレスは、長さ 3.45 m、幅 0.995 m、高さ 25.6 cm で、それ自身の質量は 2.50 kg である。

このマットレスを普通の水にうかべたときこのマットレスが支えることができる質量は最大いくらか。



Fig. 23

[Q24] Why can swimmer float like Fig. 24 in the Dead Sea?

死海では、Fig. 24 のように人が浮くことができるのはなぜか。



Fig. 24

[Q25] (a) What percentage of a floating ice projects above the level of the water?

Use the density values shown in the previous page. (b) An ice block floats on water in Fig. 24. Does the water level increase or decrease when the ice melts?

(a) 水に浮いている氷のうち、水面上に出ている部分の体積は氷全体の何%か。 (b) 氷の固まりが水に浮いている。氷が融けたら水面は上がるか、下がるか、変わらないか。 (W315) (W316)

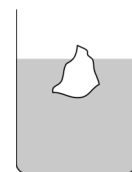
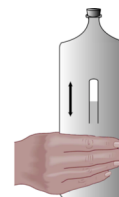


Fig. 25

[Q26] Explain the principle of a Cartesian diver.

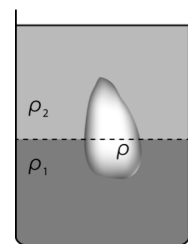
「浮沈子」の原理を説明せよ。



\*[Q27] A uniform object having a density,  $\rho$ , and a volume,  $V$ , floats at the boundary surface of two kinds of liquid, 1 and 2, with densities,  $\rho_1$  and  $\rho_2$  ( $\rho_1 > \rho_2$ ), respectively. Find the volume of the part of the object lower than the boundary surface.

密度  $\rho$  の一様な体積  $V$  の物体が、図のように、密度  $\rho_1$ 、 $\rho_2$  ( $\rho_1 > \rho_2$ ) の2種類の液体の境界面のところで浮いている。境界面より下側にある物体の体積を求めよ。

(I189)

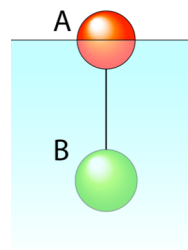


\*[Q] Two globes, A and B, having an identical volume is connected with a light and fine string and put into water. The globe A floats so as to raise just the upper half of the sphere out of the water without losing the string. Assume the density of water and the globe A as  $\rho$  and  $\rho/6$ , respectively. (1) How many times is the magnitude of the buoyant force exerted on the globe A larger than the magnitude of gravity exerted on it? (2) Find the density of the globe B.

体積の等しい2つの球A、Bを軽くて細い糸でつないで水に入れたところ、Aのちょうど半分が水面から上に出た状態で糸が弛まずに浮かんだ。水の密度を  $\rho$ 、Aの密度を  $\rho/6$  とする。

(1) Aが受ける浮力の大きさはAにはたらく重力の大きさの何倍か。

(2) Bの密度はいくらか。[基 53]



[Q29] What volume is necessary for a balloon to float a human with a mass of 60 kg using helium (The density of helium:  $\rho_h = 0.179 \text{ kg/m}^3$ , The density of air:  $\rho_{\text{air}} = 1.2 \text{ kg/m}^3$ ).

ヘリウム(密度  $\rho_h = 0.179 \text{ kg/m}^3$ )を用いて、質量 60 kg の人を浮かび上がらせるに必要な風船の体積はいくらか。(空気の密度  $\rho_{\text{air}} = 1.2 \text{ kg/m}^3$ )



14. Pressure 圧力

圧力 Pressure	$p = \frac{F}{S}$	[Pa]	(7)
-------------	-------------------	------	-----

[Q29] Find the hydraulic pressure  $p$  [Pa] at the depth of  $d$  [m] in the sea, supposing atmospheric pressure as  $p_0$  [Pa], the density of water as  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] and the gravitational acceleration rate as  $g$  [kg/s<sup>2</sup>].

水面から深さ  $d$  [m] の水圧  $p$  [Pa] を求めよ。ただし、気圧を  $p_0$  [Pa]、水の密度を  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]、重力加速度の大きさを  $g$  [kg/s<sup>2</sup>] とする。 (I172)

[Q30] Find the water pressure by atm at a depth of 25 m in a lake.  
25 m の深さの湖底の水圧は何気圧か。

[Q31] A 79 kg person sits on 3.7 kg 4-leg chair. Each leg of the chair makes contact with the floor in a circle that has an area of 1.3 cm<sup>2</sup>. Find the pressure exerted on the floor by each leg of the chair, assuming the weight is evenly distributed.

79 kg の体重の人が 3.7 kg の 4 本脚のいすに座っている。いすの脚が床に接する部分の面積は脚一本につき 1.3 cm<sup>2</sup> である。脚にかかる重さは均等であると仮定すると、一本の脚が床を押す圧力はいくらか。

[Q32] Find the pressure exerted on the skin of a balloon if you press with a force of 3.6 N using a needle. The area of the needle tip is  $2.0 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>.

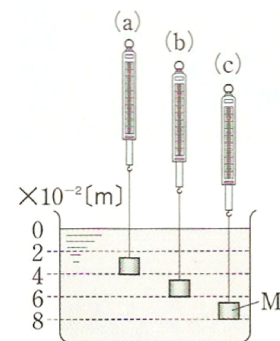
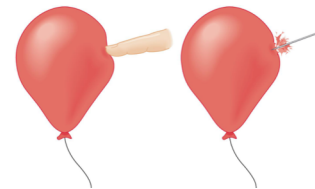
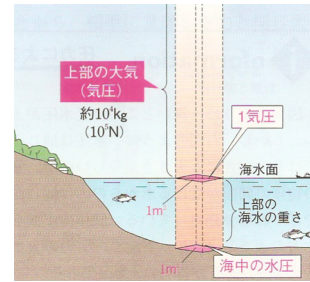
風船を針で 3.6 N の力で突いたときの圧力を求めよ。針の先端の面積は  $2.0 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup> である。 (W501)

\*[Q33] A metallic cube of a weight of 8.0 N is suspended from a spring balance (scale in N) and sunk into water keeping the upper surface of the metal horizontal. The density of water is  $1.0 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup>.

- (1) As shown in Fig. 33-a, when the lower surface is located at a position  $4.0 \times 10^{-2}$  m deep, the balance shows 6.4 N. What is the buoyant force of water acting on M?
- (2) What is the pressure of water acting on M when the lower surface is sunk at b? What is the buoyant force?
- (3) The same questions at c.

重さが 8.0 N の立方体の金属 M をばねばかり（目盛りの単位[N]）につるし、M の上面は水平にたもたれているように水中に入れた。水の密度は  $1.0 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup> である。

- (1) 図 a のように M の下面が水面から  $4.0 \times 10^{-2}$  m の位置まで沈んだとき、ばねばかりの目盛りは 6.4 N をさした。M が水から受ける浮力はいくらか。
- (2) 図 b の位置まで沈んだとき、M の下面が受ける水による圧力はそれぞれいくらか。また、M が水から受ける浮力はいくらか。
- (3) 図 b の位置まで沈んだときはどうか。 (I189)



## Temperature and Heat 温度と熱

## Summary

1. Temperature      温度  
Heat      熱  
Thermal Equilibrium 熱平衡
2. Heat (amount)      熱量  
Heat Capacity      熱容量  
Specific Heat      比熱  
Latent Heat      潜熱
3. Thermal Motion      熱運動  
Heat Conduction      熱伝導
4. The First Law of Thermodynamics      熱力学第 1 法則  
Internal Energy      内部エネルギー  
Ideal Gases      理想気体  
Boyle's Law      ボイルの法則  
Charles's Law      シャルルの法則  
Thermal Processes of Gasses  
気体の変化と内部エネルギー
5. Electric energy      電気エネルギー  
Joule's Law      ジュールの法則  
Joule Heat      ジュール熱
6. Energy Conversion      エネルギーの変換  
Conservation of Energy      エネルギーの保存則  
Efficiency of a Heat Engine      熱機関の効率

Specific Heat 比熱  $c$  [J/kgK]

Water	水	4186
Ice	氷	2090
Steam	蒸気	2010
Oil	食用油	1970
Copper	銅	387
Ceramic	陶器	1090
Glass	ガラス	837
Aluminum	アルミニウム	900

## Equations

## 熱関係の公式

$$Q = C \Delta T = mc \Delta T$$

$Q$ : Heat [J] [or cal]

$C$ : Heat Capacity [J/K] [or cal/K]

$c$ : Specific Heat [J/(kg · K)] [cal/(kg K)]

$m$ : Mass [kg]

$\Delta T$ : Temperature change [K]  
( $\Delta T = T' - T$ )

$$Q = mL$$

$L$ : Latent Heat [J/kg]

$$Q = \Delta U + W$$

$Q$ : Heat gained from outside [J]

$\Delta U$ : Increase of Internal Energy [J]

$W$ : Work done to outside [J]

$$p \cdot V = \text{constant} \quad \text{Boyle's Law (T = constant)}$$

$p$ : Pressure [Pa],  $V$ : Volume [m<sup>3</sup>]

$$\frac{V}{T} = \text{constant} \quad \text{Charles's Law (p = constant)}$$

$T$ : Temperature [K]

$$e = \frac{W}{Q_1} \times 100 = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100 \quad [\%]$$

$e$ : Efficiency      熱効率

$W$ : Work done by Engine      熱機関がする仕事

$Q_1$ : Heat added to Engine      熱機関に加えられた熱

$Q_2$ : Exhaust Heat      捨てられた熱

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

$$T [\text{K}] = t [^\circ\text{C}] + 273.15, \quad F = 1.8C + 32$$

## Latent Heat of Fusion

融解潜熱  $L_f$  [J/kg]

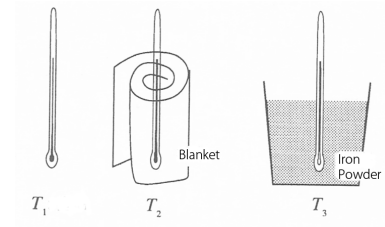
## Latent Heat of Vaporization

蒸発潜熱  $L_v$  [J/kg]

Water	水	$3.35 \times 10^5$	$22.6 \times 10^5$
Ethanol	エタノール	$1.08 \times 10^5$	$8.55 \times 10^5$

## 1. Temperature and Heat 温度と熱

[Q1] Which results in the highest and lowest temperature? どれが最も高い温度で、どれが最も低くなるか。



[Q2] What temperature on the Kelvin scale corresponds to (a) 0°C; (b) 20°C; (c) What temperature on the Celsius scale corresponds to 70K? (d) What temperature on the Fahrenheit scale corresponds to 20°C?

(a) セ氏 0°C は絶対温度でいくらか。(b) セ氏 20°C は絶対温度でいくらか。(c) 絶対温度 70K はセ氏でいくらか。(d) セ氏 20°C はカ氏でいくらか。

## 2. Transfer of heat 熱の移動

[Q3] A block of iron is dropped into a barrel of water having a temperature of 50°C. What flow of heat will take place if the temperature of the iron is (a) 40°C; (b) 50°C; (c) 60°C.

鉄のかたまりを 50°C の水の中に浸した。鉄が (a) 40°C、(b) 50°C、(c) 60°C、であるとき、どのような熱の移動が起こるか。

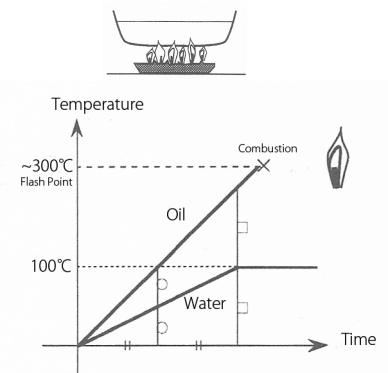
## 3. Heat capacity 熱容量

[Q4] The heat capacity of 1.00 kg of water is 4186 J/K. What is the temperature change of the water if (a) 505 J of heat is added to the system, or (b) 1010 J of heat is removed?

1.00 kg の水の熱容量は 4186 J/K である。(a) この水に熱を 505 J 加えると水温変化はいくらになるか。(b) この水から熱を 1010 J 除くと水温はいくらになるか。

## 4. Specific heat 比熱

[Q5] The specific heat of water is 4186 J/kgK whereas that of vegetable oil is 1970 J/kgK and its flash point is about 300°C. Why do you think fires sometimes happen at kitchen? 水の比熱が 4186 J/kgK に対して、食用油の比熱は 1970 J/kgK でその引火点は約 300°C である。このことからなぜ台所火災が起きやすいか考察せよ。



[Q6] Suppose 550 g of water at 32°C are poured into a 210 g aluminum can with an initial temperature of 15°C. Find the final temperature of the system, assuming no heat is exchanged with the surroundings. A specific heat of water is 4186[J/kg K]

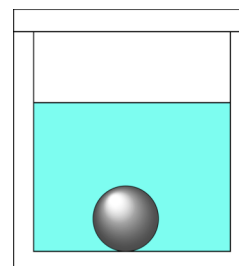
32°Cの温度の水 550 g を 15°Cの温度で 210 g のアルミの缶に入れた。この系の温度はいくらになるか。周囲との熱のやりとりは無いものとする。水の比熱は 4186[J/kg K]とする。

[Q7] Find a temperature when a water (10[°C], 30[g]) and a hot water (70[°C]60[g]) are mixed. A specific heat of water is 4186[J/kg K]

10°Cの水 30[g]と 70°Cの湯 60[g]とを混ぜると、何°Cになるか。水の比熱は 4186[J/kg K]とする。

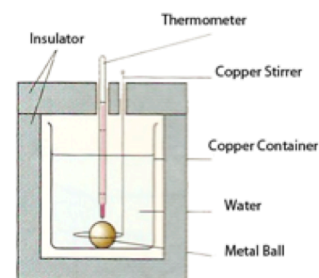
[Q8] A 235 g lead ball at a temperature of 84.2°C is placed in a calorimeter containing 177 g of water at 21.5°C. Find the equilibrium temperature of the system.

質量が 235 g で 84.2°Cの鉛の玉を、カロリメーター中にある質量 177 g で 21.5°Cの水の中に入れた。平衡に達したときの温度を求めよ。



[Q9] In the calorimeter as shown, the total weight of copper container and copper is 120g. When a 100 g block of metal with an initial temperature of 98.0°C is dropped into a the container holding 180 g of water at 20.0°C, the final equilibrium temperature becomes 24.2°C. What is the specific heat of the metal? Use 380 J/kg · K as the specific heat of copper.

図のような熱量計（熱量を測定する装置。外部に熱がもれないように断熱材で囲まれている）がある。銅製容器とかき混ぜ棒の質量の和は 120 g である。銅製容器には 20.0°Cの水が 180 g 入っている。これに 98.0°Cの湯の中に入れてあった 100 g の金属球を入れてかき混ぜ棒で静かにかき混ぜると、温度が 24.2°Cで一定になった。この金属球の比熱はいくらか。銅の比熱を 380 J/kg · K とする。



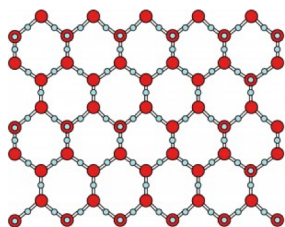
## 5. Temperature and Molecular Motion 温度と分子運動

[Q10] Matter consists of moving particles (atoms or molecules) which can interact more or less strongly with one another.

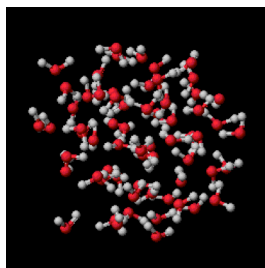
Explain about temperature, heat transfer and phase changes using this model. 物質は運動する粒子（原子や分子）から構成されていて粒子は互いに相互作用がある。このモデルを用いて、温度、熱の移動および相転移を説明せよ。



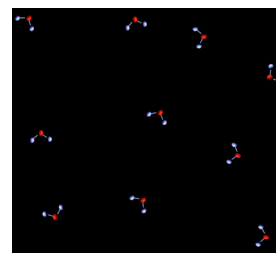
Snowflake 雪片



氷の分子構造



水の分子構造



水蒸気の分子構造

## 6. Evaporation 蒸発

[Q11] (a) Is it effective in decreasing temperature to sprinkle water? 打ち水で気温が下がるか？



(b) Why are Japanese traditional houses cooler? 日本家屋が涼しいのはなぜか。



(c) Which is cooler, in the shade of house or in the shade of tree? Why? 家の陰と木陰とどちらが涼しいか。それはなぜか。

(d) Which method is effective for cooling a watermelon with water? 水でスイカを冷やす良い方法はどちらか。[MB12]

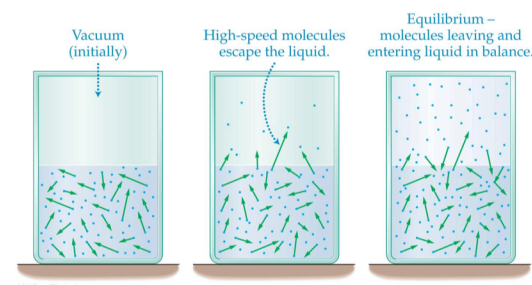


(e) How does evaporation help to cool us when we exercise or work up a sweat? 運動や汗かき仕事をしたときに体を冷やすのに役立つ蒸発はどのように起こるのだろうか。



(f) Why does a chilly feeling happen after a bath? 湯冷めはなぜ起こるか？

[12] Evaporation of water occurs even in a room temperature. Explain how it does using a molecular model. 水の蒸発は室温でも起こる。そのメカニズムを分子モデルで説明せよ。

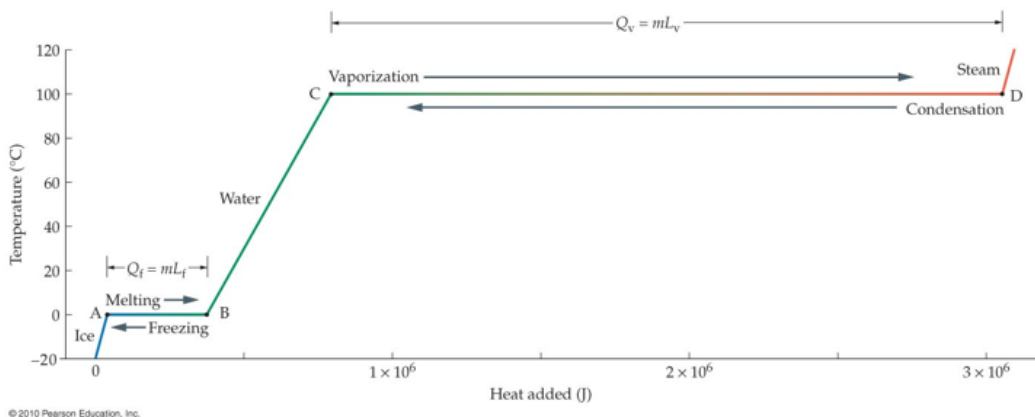




## 7. Latent heats      潜熱

[Q19] The following figure shows the relation between the temperature of 1.000 kg of water and the heat added or removed.

Explain the behavior. 図は、1.000 kg の水の温度とそれに加えた熱量あるいは除いた熱量の関係を示した。このような曲線となる理由を説明せよ。

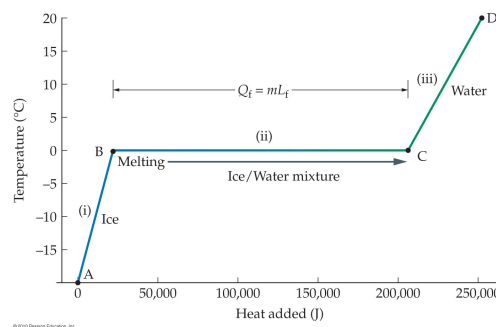


[Q20] Both water at 100°C and steam at 100°C can cause serious burns. Is a burn produced by steam likely to be (a) more serious than, (b) less serious than, or (c) the same as a burn produced by water?

100°Cの水も 100°Cの蒸気もひどいやけどを起こす。100°Cの蒸気は 100°Cの水とくらべてやけどの程度が (a)大きい、(b) 小さい、(c) 同じ。



[Q21] Find the heat energy required to raise the temperature of 0.550 kg of ice from -20.0°C to water at 20.0°C; that is from point A to point D in the figure. 質量 0.550kg で -20.0°Cの氷を 20.0°Cの水にするのに必要な熱量をもとめよ。これは、図の点 A から点 D に変えることに相当する。



[Q22] To make steam, you add  $5.60 \times 10^5$  J of heat to 0.220 kg of water at an initial temperature of  $50.0^\circ\text{C}$ . Find the final temperature of the steam.

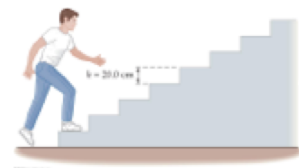
$50.0^\circ\text{C}$  で 0.220 kg の水に  $5.60 \times 10^5$  J の熱を加えてスチームを作った。スチームの温度はいくらか。

[Q23]  $15^\circ\text{C}$  water(2000[g]) changes to  $70^\circ\text{C}$  hot water(2190[g]) when  $100^\circ\text{C}$  steam is added into it. Find a heat of vaporization of water.  $15^\circ\text{C}$  の水 2000[g] に  $100^\circ\text{C}$  の蒸気を吹き込んだところ、 $70^\circ\text{C}$  の湯が 2190[g] 得られた。  $100^\circ\text{C}$  における水の気化熱（蒸発熱）を求めよ。

[Q24] An ice ( $0^\circ\text{C}$ ) is added to water (300[g],  $50^\circ\text{C}$ ), and ice melts and the temperature becomes  $43^\circ\text{C}$ . Find the weight of the ice.  $50^\circ\text{C}$  の水 300[g] の中に  $0^\circ\text{C}$  の氷を入れると、氷が全部とけて  $43^\circ\text{C}$  の一様な温度の水になった。氷の量はいくらか。

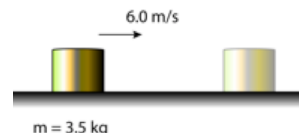
## 7. Heat and Mechanical Energy 熱と機械的エネルギー

[Q35] A 74.0 kg person drinks a thick, rich 141 Cal (= 141 kcal) milkshake. How many stairs must this person climb to work off the shake? Let the height of a stair be 20.0 cm. 74.0 kg の人が 305 Cal (= 305 kcal) のミルクシェイクを飲んだ。このミルクシェイクのカロリーを全部消費したとすると階段を何段上れるか。階段 1 段は 20.0 cm とする。



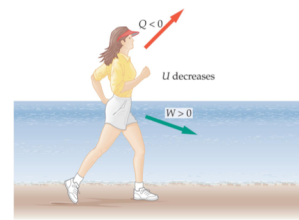
[Q36] When a body is slid on a horizontal surface with an initial speed of 6.0 m/s, it stops soon due to friction. (a) How much heat is generated during the motion? (b) How much temperature can the heat elevate for 10 g water?

水平な面上を質量 3.5 kg の物体を速さ 6.0 m/s で滑らしたが摩擦によりすぐ静止した。(a) 物体が静止するまでに発生した熱量はいくらか。(b) 発生した熱量で、10 g の水の温度を何度上昇させることができるか。



## 9. Internal energy 内部エネルギー

[Q37] (a) Jogging along the beach one day, you do  $4.3 \times 10^5 \text{ J}$  of work and give off  $3.8 \times 10^5 \text{ J}$  of heat. What is the change in your internal energy? (b) Switching over to walking, you give off  $1.2 \times 10^5 \text{ J}$  of heat and your internal energy decreases by  $2.6 \times 10^5 \text{ J}$ . How much work have done while walking? (a) ビーチをジョギングして  $4.3 \times 10^5 \text{ J}$  の仕事をし  $3.8 \times 10^5 \text{ J}$  の熱を放出した。内部エネルギーの変化はいくらか。 (b) 散歩に切り替えてから  $1.2 \times 10^5 \text{ J}$  の熱を放出し内部エネルギーは  $2.6 \times 10^5 \text{ J}$  だけ減少した。散歩中にした仕事はいくらか。

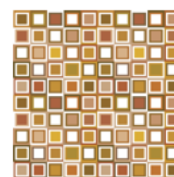


## 10. Heat Conduction 熱伝導

[Q39] Explain about the three mechanisms of heat exchange in the following story: The Sun warms the Earth from 150 million km of empty space. As the sunlight strikes the ground and raises its temperature, the ground-level air gets warmer and begins to rise, producing a further exchange of heat. If you walk across the ground in bare feet, you will feel the warming effect of heat entering your body.



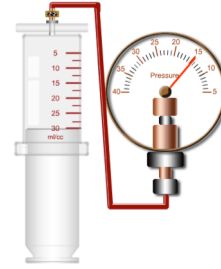
[Q40] You get up in the morning and walk barefoot from the bedroom to the bathroom. In the bedroom you walk on carpet, but in the bathroom the floor is tile. Does the tile feel (a) warmer, (b) cooler, or (c) the same temperature as the carpet? Explain why.



1 1. Gas Laws 気体の法則

[Q56] A syringe includes air with a volume of  $16 \text{ cm}^3$  and a pressure of  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ . After the head is closed, the volume is expanded to  $20 \text{ cm}^3$ . Assuming the system is always at the same temperature, find the new pressure in the syringe.

気圧  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  の大気中で、注射器の空気の体積を  $16 \text{ cm}^3$  にして先端を閉じる。ピストンをゆっくり引き出し、空気の体積を  $20 \text{ cm}^3$  にした。このとき、中の空気の温度変化はなかった。注射器内の圧力はいくらか。



[Q57] A syringe, where its head is closed, includes air of  $10 \text{ cm}^3$  at  $27^\circ\text{C}$ . The syringe is warmed to let the volume be  $12 \text{ cm}^3$  under the same pressure. Find the new temperature.

注射器に  $27^\circ\text{C}$ 、 $10 \text{ cm}^3$  の空気を閉じ込め、圧力を一定にして体積を  $12 \text{ cm}^3$  になるまで温めた。このとき空気の温度は何 $^\circ\text{C}$ か。

1 2. Thermal Processes of Gasses 気体の状態変化

[Q58] In Fig.1, a piston is pushed downward rapidly to ignite bits of paper in the cylinder. In Fig. 2, a piston is pulled rapidly to generate cloud inside a flask that contains a small amount of water. Explain these phenomena. Fig.1 でピストンを急速に押し込むとシリンダー内の紙が発火する。Fig.2 では、少量の水が入っているフラスコにつないだ注射器のシリンダーを急激に引くとフラスコ内に雲が生じる。これらの現象を説明せよ。



Fig. 1

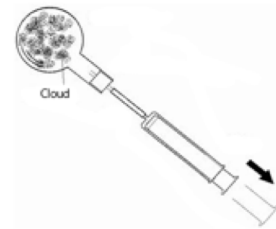


Fig. 2

1 3. Conversion of energy エネルギーの変換

[Q60] A heat engine takes in the heat of  $2.1 \times 10^3 \text{ J}$  and performs work of  $2.0 \times 10^2 \text{ J}$  to outside. Find the efficiency.

ある熱機関に  $2.1 \times 10^3 \text{ J}$  の熱を与えて、 $2.0 \times 10^2 \text{ J}$  の仕事を外部にさせた。このときの熱効率を求めよ

[Q61] A heat engine with an efficiency of 24.0% performs 1250 J of work. (a) Find the heat absorbed from the hot reservoir. (b) Find the heat given off to the cold reservoir.

(a) 高温熱源から吸収した熱量を求めよ。(b) 低温熱源に捨てた熱量を求めよ。

