

ỦY BAN NHÂN DÂN TỈNH THANH HÓA
TRƯỜNG CAO ĐẲNG Y TẾ



GIÁO TRÌNH
MÔN HỌC: Lý sinh
NGÀNH: HỘ SINH LIÊN THÔNG
TRÌNH ĐỘ: CAO ĐẲNG

*Ban hành kèm theo Quyết định số: 549 /QĐ-CDYT ngày 9 tháng 8 năm 2021
của Hiệu trưởng Trường Cao đẳng Y tế Thanh Hóa*

Thanh Hóa, năm 2021

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

LỜI GIỚI THIỆU

Trường Cao đẳng Y tế Thanh Hóa có bề dày lịch sử đào tạo các thế hệ cán bộ y tế đã hơn 60 năm. Hiện nay, Nhà trường đã và đang đổi mới về nội dung, phương pháp giảng dạy và lượng giá học tập của học sinh – sinh viên nhằm không ngừng nâng cao chất lượng đào tạo phù hợp với thực tiễn xã hội và yêu cầu của ngành Y tế. Để có tài liệu giảng dạy thống nhất cho giảng viên và tài liệu học tập cho sinh viên; Đảng ủy – Ban Giám hiệu Nhà trường chủ trương biên soạn tập bài giảng các chuyên ngành mà Nhà trường đã được cấp phép đào tạo.

Giáo trình Lý sinh được các giảng viên Bộ môn Y cơ sở biên soạn dùng cho hệ Cao đẳng Hộ sinh liên thông dựa trên chương trình đào tạo của Trường ban hành năm 2021, Thông tư 03/2017/BLĐTB&XH, ngày 01 tháng 3 năm 2017 của Bộ trưởng Bộ Lao động thương binh và xã hội.

Môn học giới thiệu những kiến thức chung nhất về Vật lý sinh học được gọi tắt là Lý sinh (Biophysics) - là môn học khảo sát các hiện tượng và quá trình sinh học bằng các kiến thức vật lý, đồng thời nghiên cứu về các tác nhân vật lý được ứng dụng trong y học. Qua đó làm sáng tỏ bản chất, cơ chế và động lực của các hiện tượng, các quá trình xảy ra trong các hệ thống sống, cũng như tìm hiểu các tác nhân vật lý tác động lên cơ thể sống, nguyên lý chung và ứng dụng của một số kỹ thuật vật lý trong ngành y tế.

Tuy nhiên trong quá trình biên soạn tập giáo trình không thể tránh khỏi những thiếu sót. Tập thể biên soạn xin ghi nhận ý kiến đóng góp xây dựng của các nhà quản lý, đồng nghiệp, độc giả và học sinh- sinh viên, những người sử dụng cuốn sách này để nghiên cứu bổ sung cho tập giáo trình ngày càng hoàn thiện hơn.

Thanh Hóa, năm 2021

Tham gia biên soạn

- 1. Chủ biên: Mai Văn Bảy**
- 2. Lê Thị Mai**
- 3. Nguyễn Quốc Thịnh**
- 4. Nguyễn Thị Thanh**
- 5. Nguyễn Thị Huế**

MỤC LỤC

LỜI GIỚI THIỆU	1
MỤC LỤC	2
GIÁO TRÌNH MÔN HỌC	3
BÀI MỞ ĐẦU	4
CHƯƠNG 1: SỰ BIẾN ĐỔI NĂNG LƯỢNG TRÊN CƠ THỂ SỐNG.....	9
CHƯƠNG 2: CÁC HIỆN TƯỢNG CHUYỂN ĐỘNG VẬT CHẤT TRONG CƠ THỂ SỐNG	21
CHƯƠNG 3: ÂM, SIÊU ÂM VÀ ỨNG DỤNG TRONG Y HỌC	46
CHƯƠNG 4: CÁC HIỆN TƯỢNG ĐIỆN TRÊN CƠ THỂ SỐNG.....	62
CHƯƠNG 5: TÁC DỤNG CỦA DÒNG ĐIỆN LÊN CƠ THỂ SỐNG	77
CHƯƠNG 6: ÁNH SÁNG VÀ CƠ THỂ SỐNG.....	92
CHƯƠNG 7: BỨC XẠ ION HOÁ VÀ CƠ THỂ SỐNG	112

GIÁO TRÌNH MÔN HỌC

Tên môn học: LÝ SINH

Mã môn học: MH08

Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của môn học:

- Vị trí: Thuộc khối kiến thức cơ sở ngành.
- Tính chất: Là môn khoa học liên ngành, liên quan mật thiết với các lĩnh vực khoa học Vật lý, Sinh học và Y học.
- Ý nghĩa và vai trò của môn học: Học phần cung cấp cho người học kiến thức về các hiện tượng, quá trình mang bản chất vật lý diễn ra trong cơ thể sống và kiến thức về các tác nhân vật lý như sóng siêu âm, ánh sáng, laser, bức xạ ion hóa, Đây là cơ sở ứng dụng của các phương pháp vật lý trong chẩn đoán và điều trị, giúp người học có kiến thức cơ sở ngành và biết áp dụng vào trong công tác chăm sóc, bảo vệ sức khỏe cộng đồng.

Mục tiêu của môn học :

- Về kiến thức:
 - + Trình bày đúng một số quy luật vật lý có nhiều ứng dụng trong nghiên cứu y học và bảo vệ sức khỏe cộng đồng.
 - + Trình bày được một số hiện tượng, quá trình vật lý xảy ra trong cơ thể.
 - + Trình bày được bản chất và tác dụng của một số tác nhân vật lý lên cơ thể sống.
 - + Trình bày được nguyên lý và ứng dụng của một số kỹ thuật vật lý trong y học.
- Về kỹ năng:
 - + Rèn luyện và phát triển cho người học kỹ năng nghiên cứu tài liệu, tư duy, giải thích và liên hệ vận dụng kiến thức môn học trong học tập các môn chuyên ngành và trong công tác nghề.
 - + Sử dụng đúng các đơn vị đo vật lý thường được dùng trong ngành Y.
- Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:
 - + Hình thành ở người học thái độ nghiêm túc, tính cẩn thận, tự giác, trách nhiệm trong học tập và công tác.
 - + Nghiêm túc thực hiện các nguyên tắc an toàn khi sử dụng tác nhân vật lý có nguy hiểm.
 - + Nhận thức được cơ sở lý thuyết của một số ứng dụng kỹ thuật vật lý trong Y học.
 - + Nhận thức được ý nghĩa, tầm quan trọng của môn học đối với các học phần chuyên ngành và công tác nghề.

Nội dung của môn học:

BÀI MỞ ĐẦU

Giới thiệu:

Vật lý học là một ngành khoa học tự nhiên nghiên cứu những dạng vận động cơ bản nhất của vật chất rồi tìm cách ứng dụng chúng phục vụ đời sống. Trong quá trình phát triển, các ngành khoa học đan xen vào nhau làm nảy sinh các khoa học mới, thí dụ như lý sinh, hóa sinh... Vậy Lý sinh là gì? Vì sao Y học lại nghiên cứu Lý sinh?

Mục tiêu:

Sau khi học xong bài này, sinh viên phải:

1. Trình bày được tầm quan trọng của vật lý - lý sinh đối với các môn khoa học khác, đối với y học lâm sàng và bảo vệ sức khỏe cộng đồng.
2. Dùng đúng các đơn vị đo lường của nhà nước Việt Nam trong công việc hàng ngày.

Nội dung chính

1. Định nghĩa và nội dung vật lý - lý sinh

Vật lý học là một ngành khoa học tự nhiên nghiên cứu những dạng vận động cơ bản nhất của vật chất rồi tìm cách ứng dụng chúng phục vụ đời sống. Trong quá trình phát triển, các ngành khoa học đan xen vào nhau làm nảy sinh các khoa học mới, thí dụ như lý sinh, hóa sinh...

Vật lý sinh học được gọi tắt là lý sinh (biophysics – vật lý về sự sống) là môn học khảo sát các hiện tượng và quá trình sinh học bằng các kiến thức vật lý. Qua đó làm sáng tỏ bản chất, cơ chế và động lực của các hiện tượng, các quá trình xảy ra trong các hệ thống sống, cũng như tìm hiểu nguyên lý chung của các phương pháp, kỹ thuật y – sinh học đã và đang được ứng dụng trong ngành y tế.

Lý sinh có quan hệ mật thiết với y học hiện đại là do:

- Sự ứng dụng của những quy luật vật lý để nghiên cứu những quá trình sống, để hiểu và giải thích những hiện tượng xảy ra trên cơ thể con người.
- Sự ứng dụng những phương pháp vật lý, những máy móc trang thiết bị trong việc chẩn đoán bệnh, trong điều trị bệnh, trong bảo vệ sức khỏe cộng đồng, trong việc bảo vệ môi trường sống.

- Góp phần xây dựng thế giới quan khoa học cho người thầy thuốc.

Một số lĩnh vực nghiên cứu và ứng dụng chủ yếu của Lý sinh hiện nay là:

- Sự tương tác, trao đổi vật chất và năng lượng của các tổ chức sống.
- Sự vận chuyển của vật chất trong cơ thể sinh vật.
- Các hiện tượng điện trong các tổ chức sống.
- Các quá trình quang sinh.
- Bức xạ ion hoá và sự sống.
- Các phương pháp ghi đo điện sinh vật.

- Tác dụng của dòng điện lên cơ thể và ứng dụng trong Y học.
- Các phương pháp âm và siêu âm trong chẩn đoán và điều trị.
- Phương pháp quang phổ hấp thụ.
- Laser và ứng dụng trong y học. vv....

2. Đo lường và đơn vị đo

2.1. Hệ đo lường quốc tế và hệ đo lường hợp pháp của Việt Nam

Mỗi thuộc tính của một đối tượng vật lý đặc trưng bằng một hay nhiều đại lượng vật lý. Một trong những vấn đề cơ bản của vật lý học là vấn đề đo lường các đại lượng vật lý.

Trong quá khứ, người ta dùng:

Hệ CGS: đơn vị cơ bản là xăngtimét (cm), gam (g) và giây (s).

Hệ MKS: đơn vị cơ bản là mét (m), kilogam (kg) và giây (s).

Năm 1960, nhiều nước trên thế giới đã họp và chọn một hệ đơn vị thống nhất gọi là hệ SI (hệ đơn vị quốc tế).

Năm 1965, chính phủ Việt Nam đã ban hành "Bảng đơn vị đo lường hợp pháp của nước Việt Nam" dựa trên cơ sở hệ SI. Trong hệ SI, 6 đơn vị cơ bản là:

Đơn vị chiều dài: mét (m)

Đơn vị khối lượng: kilogam (kg)

Đơn vị thời gian: giây (s)

Đơn vị cường độ dòng điện: Ampe (A)

Đơn vị cường độ sáng: Candela (cd)

Đơn vị nhiệt độ: độ Kelvin (K)

Các đơn vị khác được suy ra từ đơn vị cơ bản được gọi là đơn vị dẫn xuất. Thí dụ, đơn vị SI cho công suất, gọi là oát (viết tắt là W) được định nghĩa theo các đơn vị cơ bản của khối lượng, độ dài và thời gian.

$$1 \text{ oát} = 1 \text{ W} = 1 \text{ kg.m}^2/\text{s}^3$$

Bảng 1.1. Các tiền tố của hệ đếm thập phân

Tiếp đầu ngữ	Ký hiệu	Thừa số	Tiếp đầu ngữ	Ký hiệu	Thừa số
Deca	Da	10^1	Đêxi	d	10^{-1}
Hecto	H	10^2	Xăngti	c	10^{-2}
Kilo	K	10^3	Mili	m	10^{-3}
Mega	M	10^6	Micro	μ	10^{-6}
Giga	G	10^9	Nano	n	10^{-9}
Tera	T	10^{12}	Pico	p	10^{-12}

Để diễn tả các số đo lớn hoặc nhỏ, người ta có thể bổ sung vào các đơn vị đo các tiền tố của hệ đếm thập phân (bảng 1.1).

Do thói quen, người ta còn hay dùng các đơn vị sau:

$$1 \text{ Angstrom } (1\text{A}^0) = 10^{-10} \text{ m} = 10^{-8} \text{ cm}$$

$$1 \text{ phút} = 60 \text{ s}$$

$$1 \text{ giờ} = 3600 \text{ s} = 60 \text{ phút}$$

2.2. Độ lớn về khối lượng, chiều dài, thời gian của một số đối tượng. Các hằng số vật lý thông dụng

Bảng 1.2. Độ lớn của khối lượng một số đối tượng vật lý

Đối tượng	Khối lượng (kg)
Điện tử	$0,9 \cdot 10^{-30}$
Proton	$1,67 \cdot 10^{-27}$
Phân tử DNA	10^{-15}
1 lít nước	1
Con người trưởng thành	$0,5 - 0,8 \cdot 10^2$
Ô tô	10^3
Tàu thủy	10^7
Trái Đất	$6 \cdot 10^{24}$
Mặt Trời	$2 \cdot 10^{30}$

Bảng 1.3. Độ lớn của chiều dài một số đối tượng vật lý

Đối tượng	Chiều dài
Một năm ánh sáng	$\sim 10^{15}$
Khoảng cách Trái Đất – Mặt Trời	$\sim 10^{12}$
Khoảng cách Trái Đất – Mặt Trăng	$\sim 10^9$
Chiều cao con người	1,5 - 1,9
Một số virus	$\sim 10^{-6}$
Phân tử lớn	$\sim 10^{-9} - 10^{-8}$
Kích thước nguyên tử	$\sim 10^{-10}$
Kích thước hạt nhân nguyên tử	$\sim 10^{-15}$

Bảng 1.4. Khoảng thời gian một số quá trình vật lý

Quá trình	Khoảng thời gian (s)
Thời gian ánh sáng đi qua một nucleon	10^{-24}
Chu kỳ dao động hạt nhân	10^{-21}
Chu kỳ dao động nguyên tử	10^{-14}
Chu kỳ dao động sóng vô tuyến truyền hình	10^{-8}
Chu kỳ dao động sóng âm	10^{-3}
Nhịp tim	1

1 năm	10^8
Đời người	10^{10}
Xuất hiện người trên Trái đất	10^{14}
Tuổi của vũ trụ	10^{18}

Bảng 1.5. Các hằng số vật lý thông dụng

Quá trình	Khoảng thời gian (s)
Tốc độ ánh sáng trong chân không	3.10^8 ms^{-1}
Số Avogadro	$6,023.10^{23} \text{ phân tử.mol}^{-1}$
Hằng số Boltzman	$1,381.10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$
Khối lượng electron	$9.109.10^{-31} \text{ kg}$
Điện tích nguyên tố	$1.602.10^{-19} \text{ C}$
Khối lượng proton	$1.673.10^{-27} \text{ kg}$
Khối lượng notron	$1.675.10^{-27} \text{ kg}$
Đơn vị khối lượng nguyên tử	$1.66.10^{-27} \text{ kg}$
Hằng số Planck	$6,63.10^{-34} \text{ J.s}$

Ghi nhớ:

- Lý sinh là môn KH liên ngành giữa Vật lý – Sinh học và có mối quan hệ mật thiết với Y học.
- Lý sinh có quan hệ mật thiết với y học hiện đại.
- Các hệ đo lường: CGS, MKS, SI.
- Hệ đo lường quốc tế hiện nay: SI.
- 6 đơn vị cơ bản trong hệ SI là:
 - + Đơn vị chiều dài: mét (m)
 - + Đơn vị khối lượng: kilogam (kg)
 - + Đơn vị thời gian: giây (s)
 - + Đơn vị cường độ dòng điện: Ampe (A)
 - + Đơn vị cường độ sáng: Candela (cd)
 - + Đơn vị nhiệt độ: độ Kelvin ($^{\circ}\text{K}$)

LƯỢNG GIÁ:

Câu 1: Trong hệ đo lường quốc tế (SI), đơn vị đo nhiệt độ là độ Kelvin ($^{\circ}\text{K}$).

A. Đúng B. Sai

Câu 2. Lĩnh vực nghiên cứu và ứng dụng của Lý sinh hiện nay là:

- A. Trao đổi vật chất và năng lượng của các tổ chức sống;
- B. Các hiện tượng điện trong các tổ chức sống; Các phương pháp ghi đo điện sinh vật; Tác dụng của dòng điện lên cơ thể và ứng dụng trong Y học.
- C. Các quá trình quang sinh; Phương pháp quang phổ hấp thụ; Laser và ứng dụng

trong y học;

D. Bức xạ ion hoá và sự sống; Các hiện tượng âm và cơ thể sống.

E. Cả A,B,C và D.

Câu 3: Lý sinh học có quan hệ mật thiết với lĩnh vực khoa học:

A. Vật lý học

B. Sinh học

C. Y học

D. Vật lý học, Sinh học.

E. Vật lý học, Sinh học và Y học

Câu 4: Lý sinh có quan hệ mật thiết với y học hiện đại là do:

A. Sự ứng dụng của những quy luật vật lý để nghiên cứu những quá trình sống, để hiểu và giải thích những hiện tượng xảy ra trên cơ thể con người.

B. Sự ứng dụng những phương pháp vật lý, những máy móc trang thiết bị trong việc chẩn đoán bệnh, trong điều trị bệnh.

C. Sự ứng dụng những phương pháp vật lý, những máy móc trang thiết bị trong việc trong bảo vệ sức khỏe cộng đồng, trong việc bảo vệ môi trường sống.

D. Góp phần xây dựng thế giới quan khoa học cho người thầy thuốc.

E. Cả A,B,C và D.

Tài liệu tham khảo

[1]. Phan Sỹ An, Lý sinh, NXB Giáo dục Việt Nam (2012).

[2]. Lý sinh Y học, Bộ môn Y Vật lý - Đại học Y Hà Nội, Nhà xuất bản Y học (2019).

CHƯƠNG 1: SỰ BIẾN ĐỔI NĂNG LƯỢNG TRÊN CƠ THỂ SỐNG

Giới thiệu:

Khái niệm năng lượng là khái niệm quan trọng nhất của vật lý học. Theo định nghĩa rộng rãi nhất đã được thừa nhận thì năng lượng là khả năng sinh công và khả năng biến đổi sự vật. Vật lý học nghiên cứu các qui luật vận động và biến đổi của vật chất, mà mọi sự vận động, mọi sự biến đổi không thể diễn ra mà không cần năng lượng.

Lý sinh và đặc biệt là Lý sinh y học lại càng đặc biệt quan tâm nghiên cứu 2 vấn đề sự biến đổi của năng lượng trên cơ thể sống và sự trao đổi năng lượng giữa cơ thể sống và môi trường .

Qui luật đầu tiên quan trọng nhất về năng lượng đó là định luật bảo toàn năng lượng: năng lượng không tự nhiên sinh ra, không tự nhiên mất đi, nó chỉ chuyển từ dạng này sang dạng khác.

Mục tiêu:

Sau khi học xong bài này, sinh viên phải:

1. Kể được các dạng năng lượng và các loại công thực hiện trên cơ thể sống.
2. Trình bày được sự biến đổi năng lượng trên cơ thể sống.
3. Nêu được sự bảo toàn năng lượng trong quá trình chuyển hóa năng lượng trên cơ thể sống.
4. Kể được 2 loại nhiệt lượng trên cơ thể và giải thích được nguồn gốc sinh nhiệt trên cơ thể sống.

Nội dung chính

1. CÁC DẠNG NĂNG LƯỢNG TRONG CƠ THỂ .

Trong cơ thể tồn tại các dạng năng lượng sau đây:

1.1. Cơ năng

Cơ năng là năng lượng của chuyển động cơ học và tương tác cơ học giữa các vật hoặc các phần của vật. Cơ năng của hệ vật bằng tổng của động năng và thế năng của hệ ấy.

- Động năng là số đo phần cơ năng do vận tốc của nó quyết định.

Trong cơ thể động năng có ở những nơi nào đang có sự chuyển động: chuyển động máu trong hệ tuần hoàn, của khí trong hô hấp, của vật chất qua màng tế bào, ...

- Thế năng là phần cơ năng của hệ quy định bởi tương tác giữa các phần của hệ với nhau và với trường lực ngoài. Gồm:

+ Thế năng do trọng trường: Đối với cơ thể, xét về toàn bộ, do tồn tại trong trường hấp dẫn của trái đất nên từng phần tử đều có một thế năng do vị trí. Thí dụ thế năng của một giọt máu ở dưới chân thấp hơn thế năng giọt máu ở trên đầu

+ Thế năng do hình dạng: Từng cơ quan bộ phận cũng có thế năng biến thiên do chúng thay đổi hình dạng trong quá trình thực hiện các chức năng của cơ thể sống. Thế năng loại này có được do lực đàn hồi hoặc lực co cơ. Tiêu biểu nhất là các mạch máu co giãn có thế năng thay đổi, cơ tim co bóp, các cơ co giãn, các phế nang phổi giãn nở,...

1.2. Nhiệt năng: là năng lượng của chuyển động nhiệt hỗn loạn của các phân tử cấu tạo nên vật chất. Nhiệt độ của vật là thể hiện của nhiệt năng. Nhiệt năng có khắp nơi trong cơ thể.

1.3. Điện năng: là năng lượng liên quan tới lực điện trường, nó có vai trò quyết định trong chuyển động của các phân tử mang điện trong cơ thể như các ion vô cơ Na^+ , K^+ , Ca^+ ,...

1.4. Hoá năng: là năng lượng có được do cấu trúc vi mô bên trong của vật chất. Hóa năng liên quan đến trường lực điện từ, trường mà giữ các nguyên tử, phân tử có cấu trúc nhất định và giữ chúng liên kết với nhau. Năng lượng sẽ được giải phóng khi cấu trúc bị phá vỡ. Độ lớn của năng lượng được giải phóng tùy thuộc từng liên kết.

Hóa năng có ở khắp nơi trong cơ thể. Hóa năng của cơ thể tồn tại dưới nhiều hình thức, trong đó ta sẽ đặc biệt quan tâm đến hóa năng của các chất cung cấp năng lượng cho hoạt động sống của cơ thể như glycogen, glucose, ATP,...

1.5. Quang năng: là dạng năng lượng liên quan đến ánh sáng.

Cơ thể tiếp nhận năng lượng từ các lượng tử ánh sáng, sử dụng nó trong các phản ứng quang hóa nhằm tạo năng lượng cho cơ thể, tiếp nhận và xử lý thông tin, thực hiện quá trình sinh tổng hợp, ...

Hơn nữa, tất cả các vật thể có nhiệt độ đều phát sóng điện từ thuộc vùng hồng ngoại, tức là phát ra các photon. Cơ thể không là ngoại lệ, nó phát ra bức xạ hồng ngoại.

1.6. Năng lượng hạt nhân

Năng lượng hạt nhân được dự trữ trong hạt nhân nguyên tử, khi bị phá vỡ, năng lượng này được giải phóng. Ở cơ thể, có thể kể đến năng lượng này khi xét tương tác của bức xạ hạt nhân, tia vũ trụ với cơ thể trong cuộc sống bình thường hàng ngày, hoặc khi phải tiếp xúc, sử dụng chúng với liều lượng cao hơn nhằm các mục đích khác nhau.

2. NGUỒN NĂNG LƯỢNG VÀO CƠ THỂ

Mọi sinh vật sống đều cần năng lượng để tồn tại. Các cơ thể sống biến đổi năng lượng từ các nguồn bên ngoài môi trường thành năng lượng cho các hoạt động sống.

Với thực vật nguồn năng lượng đầu vào là quang năng của ánh sáng, CO_2 , nước. Với động vật, nguồn năng lượng đầu vào là thức ăn, thể hiện ở dạng hóa

năng của thức ăn. Các loại thức ăn chứa các chất dinh dưỡng: Protid, lipid, glucid, muối vô cơ, nước,... Trong đó chỉ có Protid, lipid, glucid là những chất sinh năng lượng.

Ngoài ra cơ thể hấp thụ quang năng, nhiệt năng... nhưng những năng lượng này không đóng vai trò duy trì sự sống mà chỉ ảnh hưởng đến hoạt động sống. Thí dụ cơ thể hấp thụ năng lượng ánh sáng và biến đổi thành tín hiệu trong quá trình nhìn.

3. CHUYỂN HÓA, BIẾN ĐỔI NĂNG LƯỢNG TRONG CƠ THỂ

Cơ thể con người không có khả năng sinh ra năng lượng mà chỉ có thể biến đổi năng lượng. Sự biến đổi năng lượng bên trong cơ thể được gọi là sự chuyển hóa năng lượng.

3.1. Quá trình tạo glucose

Ở thực vật, trong lá cây, một quá trình được gọi là quang hợp dùng năng lượng ánh sáng từ mặt trời, CO_2 và nước để tạo ra glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Tế bào thực vật sẽ sử dụng Glucose như là nguồn năng lượng cho hoạt động của nó, nghĩa là tự tổng hợp và tự tiêu thụ glucose. Như vậy nguồn năng lượng đầu vào của thực vật là ánh sáng, CO_2 và nước. Glucose dư thừa còn được tích lũy ở củ, quả,...

Không giống như thực vật, cơ thể con người và động vật nói chung không thể tự tổng hợp ra glucose, vì vậy chúng ta phải lấy glucose từ thức ăn.

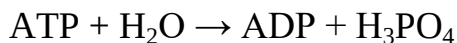
Thức ăn chúng ta ăn đều có thể được sử dụng để tạo ra glucose. Carbohydrate, còn gọi là chất đường bột, từ phức tạp là tinh bột cho đến đơn giản hơn là các loại đường khác như sucrose, fructose được dễ dàng chuyển đổi thành glucose. Các axit amin tạo nên các protein thì có thể được chuyển đổi thành glucose thông qua một quá trình được gọi là gluconeogenesis, nghĩa là tạo mới glucose. Chất béo cũng có thể được chuyển đổi thành glucose hoặc các dẫn xuất của nó. Không phân biệt glucose nguồn gốc từ loại thức ăn nào, sau đó nó đều vào trong máu của chúng ta và đi đến khắp các cơ quan, các mô, các tế bào của cơ thể. Và chính hóa năng của glucose sẽ là nguồn năng lượng ở bậc tiếp theo cho hoạt động sống của mọi tế bào.

3.2. ATP – nguồn năng lượng cho sự sống của tế bào

Một cơ chế chuyển hóa năng lượng hoàn hảo đã được tạo cho toàn bộ thế giới sinh vật. Bằng các phản ứng chuyển hóa phức tạp, hóa năng của glucose biến thành một dạng năng lượng khác, thuận tiện, dùng được cho hoạt động sống của mọi tế bào

Hoạt động sống của mọi tế bào nhất thiết phải nhờ hóa năng dự trữ trong phân tử Adenosine Tri-Phosphate (ATP). Tất cả các tế bào, từ vi khuẩn, nấm, cây cỏ cho đến tế bào của chúng ta, dùng glucose để tổng hợp ATP từ ADP. Ý nghĩa việc tổng hợp ATP ở trong tế bào là biến đổi hóa năng glucose thành hóa năng của

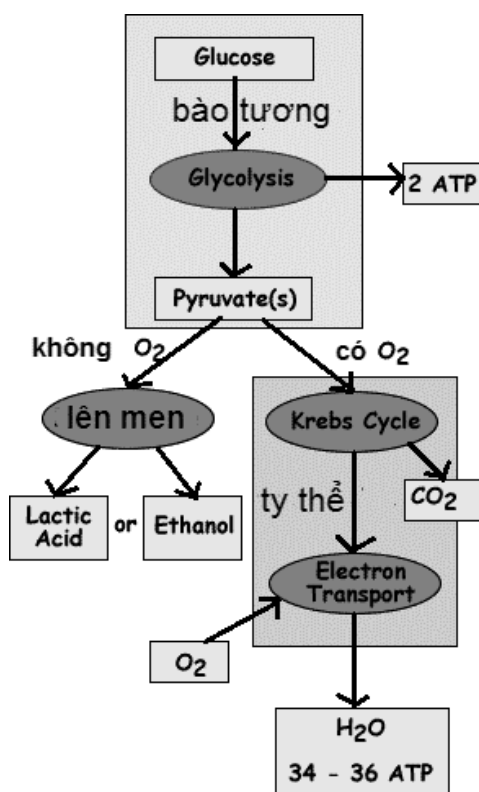
ATP, dạng năng lượng duy nhất, vạn năng, lý tưởng mà các tế bào dùng được. Bất cứ khi nào các tế bào cần năng lượng, các enzyme giúp thủy phân ATP thành ADP và giải phóng hóa năng trong liên kết phosphate của ATP để cung cấp năng lượng cho tế bào.



Từ cách mà tế bào sử dụng các nguồn năng lượng khác nhau tạo ATP để “tiêu dùng” nên ATP còn có một tên gọi ví von là “đồng tiền năng lượng”. Đối với động vật các chất từ thức ăn như chất đạm, chất béo, đường bột được hình dung như các loại hàng hóa, chúng sẽ được chuyển đổi thành tiền là ATP. Sau đó tiền này sẽ được chi tiêu cho mọi mục đích của cuộc sống, ở đây là mọi hoạt động sống của tế bào

Tóm lại: Thức ăn $\rightarrow$ glucose $\rightarrow$ ATP $\rightarrow$ năng lượng

3.3. Sự tổng hợp ATP ở tế bào động vật



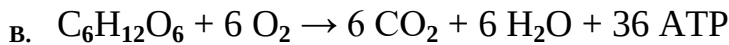
Để tạo được ATP, glucose phải vào trong tế bào. Trước tiên trong bào tương, glucose được chuyển đổi thành một phân tử trung gian gọi là pyruvate qua một quá trình gọi là glycolysis, tạm gọi là đường phân. Quá trình này tạo ra 4 ATP nhưng tiêu tốn 2 ATP, kết quả vẫn thu được 2 ATP. Như vậy, ATP cần cho mọi hoạt động sống của tế bào, kể cả trong việc tổng hợp ATP.

Quá trình có thể tiếp tục theo một trong hai hướng.

1 - pyruvate lên men không cần oxi (phản ứng yếm khí) tạo ra acid lactic $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ hoặc ethanol.

2 - diễn ra trong ty thể với sự tham gia của oxi (quá trình hiếu khí). Quá trình gồm nhiều bước phức tạp này được gọi chung là quá trình oxi phosphoryl hóa (xem hình). Hiệu suất tổng hợp $\text{ADP} \rightarrow \text{ATP}$ của quá trình oxi phosphoryl hóa này ở ty thể là rất cao, có thể tạo ra 34-36 ATP từ một phân tử glucose ban đầu

Tổng kết lại, về cơ bản có 2 quá trình yếm khí và hiếu khí tạo ATP trong tế bào được mô tả bằng các phản ứng rút gọn sau:

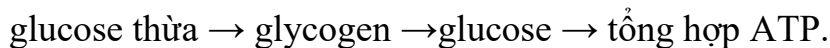


3.4. Sự xoay vòng ATP. Dự trữ năng lượng trong tế bào

Nhu cầu ATP của tế bào là rất cao và liên tục, nhưng nhìn chung ATP không được tổng hợp “mới” với mục đích dự trữ, mà chỉ được tổng hợp lại từ ADP. Tại mọi thời điểm tổng số ATP + ADP tương đối ổn định.

Vòng xoay $\text{ADP} \leftrightarrow \text{ATP}$ diễn ra không ngừng nghỉ, khi tế bào cần năng lượng thì ATP thủy phân thành ADP, khi tế bào cần ATP thì glucose được huy động để biến ADP thành ATP. Quá trình tổng hợp ATP nhờ năng lượng của glucose hay còn gọi là sự hô hấp của tế bào diễn ra liên tục.

Cơ thể có thể dự trữ được glucose trong tế bào, nhưng ở một dạng “nén” khác là glycogen. Khi glucose máu xuống thấp, tế bào thiếu glucose để tạo ATP, glycogen được phân tách thành glucose. Sơ đồ dự trữ và huy động glucose như sau:



Glycogen có trong nhiều loại tế bào nhưng được dự trữ nhiều nhất ở gan, ở các cơ. Glycogen tạo một dạng dự trữ năng lượng có thể nhanh chóng được huy động để thỏa mãn nhu cầu glucose tăng đột ngột. Dạng dự trữ này rất linh hoạt, chuyển thành glucose rất nhanh. Chỉ có glycogen dự trữ trong gan mới có thể được dùng cho nhu cầu năng lượng của các cơ quan khác. Trong cơ, tỷ lệ glycogen ít hơn nhiều và chỉ phục vụ cho hoạt động cơ cơ.

4. CÁC HOẠT ĐỘNG TIÊU THỤ NĂNG LƯỢNG ATP Ở CƠ THỂ SỐNG

Chúng ta sẽ không thể liệt kê hay mô tả được hết các loại hoạt động của tế bào hay mô. Ta chỉ liệt kê khái quát các hoạt động quan trọng nhất tiêu hao năng lượng trong cơ thể, và nêu vài trường hợp cụ thể tiêu biểu.

Các hoạt động sống tiêu thụ năng lượng ATP:

4.1. Tiêu hao năng lượng để duy trì sự sống của tế bào:

Tiêu biểu nhất là hoạt động của các bơm $\text{Na}^+ \text{K}^+$. Các protein đặc biệt trên màng tế bào còn được gọi là enzym KNaATPase liên tục đẩy các ion Na^+ từ trong tế bào ra ngoài đồng thời thu ion K^+ từ ngoài vào trong. Quá trình này để duy trì sự chênh lệch lớn về nồng độ của từng ion này giữa môi trường trong và ngoài tế bào. Quá trình này tiêu thụ năng lượng ATP như sau: cứ mỗi một chu trình, enzym

KNaATPase thu vào 2 ion K^+ và đẩy ra 3 ion Na^+ , kèm theo đó một phân tử ATP bị biến đổi thành ADP. Đây là cơ chế vận chuyển chủ động, không có hoạt động các bơm này, hiện tượng khuếch tán sẽ dẫn đến trạng thái cân bằng về nồng độ của mỗi loại ion ở khắp nơi, tế bào sẽ chết. Hoạt động của các bơm này là thể hiện sức sống của tế bào, sự chênh lệch nồng độ các ion giữa trong và ngoài có ý nghĩa sống còn đối với nó

4.2 Tiêu hao năng lượng cho hoạt động cơ cơ:

Một cơ thể bậc cao muốn vận hành được phải có sự co cơ. Không có sự co cơ thì cơ thể không thực hiện được các chức năng sinh lý sống còn của nó như hô hấp, tuần hoàn,... Khoa học đã mô tả được sự co cơ kèm theo sự thủy phân ATP $\rightarrow$ ADP như thế nào.

4.3 Tiêu hao năng lượng cho các quá trình xây dựng như tái tạo, phát triển, sửa chữa trong cơ thể:

Các quá trình loại này có thể kể ra là tạo các tế bào mới, sửa chữa các tổn thương ở tế bào vẫn đang tồn tại, tạo các tế bào máu và bạch huyết.... Các quá trình này rất phức tạp, tinh vi, và tất nhiên phải sử dụng năng lượng ATP

4.4. Tiêu hao năng lượng cho sinh sản: Cũng gần giống như 3, chỉ có điều ở đây là tạo ra các tế bào mới của một cơ thể khác đang phát triển

4.5. Tiêu hao năng lượng cho việc sản xuất các chất đặc thù như hormones, các chất dịch, các men tiêu hóa, các dịch vị, acid, các enzyme, ...

4.6. Tiêu hao năng lượng cho việc làm sạch, thanh thải các chất thừa, độc tố trong cơ thể:

Gan, thận phải làm việc để hóa giải các chất độc, thải trừ các chất thừa, độc hại ra khỏi cơ thể. Quá trình này tiêu tốn rất nhiều năng lượng ATP. Nguồn gốc các chất thừa, độc hại phần lớn lại đến từ thức ăn và là các sản phẩm tạo ra từ quá trình chuyển hóa thức ăn.

Như vậy, thức ăn là nguồn để cơ thể tổng hợp ATP, nhưng quá trình tiêu hóa, chuyển hóa thức ăn cũng tiêu tốn nhiều ATP.

Có những thức ăn mà cơ thể tiêu tốn lượng ATP cho quá trình chuyển hóa nó nhiều hơn là lượng ATP được tổng hợp ra nhờ nó (nhờ glucose thu được từ thức ăn đó).

5. SINH NHIỆT VÀ THỰC HIỆN CÔNG Ở CƠ THỂ.

5.1. Khái niệm nhiệt và công

a. Nhiệt lượng

Cho hai vật có nhiệt độ khác nhau tiếp xúc nhau đồng thời cô lập với môi trường xung quanh, nhiệt độ ban đầu của chúng là t_2 và t_1 , với $t_2 > t_1$. Ta giả thiết là trong hệ này không xảy ra các phản ứng hoá học, sau một thời gian ta thấy chúng

có cùng nhiệt độ t mà $t_2 > t > t_1$. Kết quả cuối cùng này gọi là trạng thái cân bằng nhiệt.

Nhắc lại rằng, nhiệt năng là dạng năng lượng gắn với chuyển động nhiệt hỗn loạn của các phân tử cấu tạo nên vật chất, nó quyết định nhiệt độ của vật chất. Như vậy đã có một phần nhiệt năng được truyền từ vật này sang vật kia. Phần năng lượng được truyền gọi là nhiệt lượng, kí hiệu là ΔQ . Nhiệt lượng còn được gọi ngắn gọn là nhiệt. Ta thấy vật mà ban đầu có nhiệt độ thấp hơn thì đã nóng lên, vật đó đã nhận được nhiệt ΔQ . Còn vật thứ hai thì nguội đi, vật đó đã mất nhiệt ΔQ . Như vậy quá trình làm thay đổi nhiệt năng của các vật, phải kèm theo sự thu hay trao nhiệt của các vật.

Đơn vị của nhiệt là calory. Calory là lượng nhiệt một gram nước ở 14°C ở điều kiện bình thường cần hấp thụ để nóng lên 1°C .

b. Công

Trong cơ học, công được thực hiện khi một vật thể được dịch chuyển có hướng chống lại lực cản được tính như sau $dA = F \cdot ds$

Công là phần năng lượng bị tiêu hao cho việc dịch chuyển đó

Thí dụ : Một người nhấc một vật lên đến một vị trí cao hơn, lực cản là trọng lực. Kết thúc quá trình, một bên là vật nhận năng lượng ΔA và có thể năng mới được thêm vào ΔA , một bên là người nhấc mất năng lượng ΔA . Ta nói một công ΔA đã được thực hiện. Công là phần năng lượng được chuyển giữa hai bên.

Trường hợp khác, người kéo một cái xe đang đứng yên dịch chuyển trên mặt ngang, lực cản là lực ma sát, công ΔA cũng được thực hiện. Kết thúc quá trình, xe dừng lại. Rõ ràng người kéo thì bị mất năng lượng ΔA . Thế năng của xe không tăng lên, động năng của xe lúc đầu và cuối quá trình vẫn bằng không. Theo định luật bảo toàn năng lượng, phần năng lượng được trao đi phải kéo sự biến thiên một dạng năng lượng khác. Công thực hiện để thắng lực cản là lực ma sát với môi trường, ma sát sinh nhiệt. Công ở đây đã biến hoàn toàn thành nhiệt làm tăng nhiệt năng của hệ xe + môi trường

Như vậy một quá trình dịch chuyển có hướng và chịu tác dụng lực cản phải kèm theo công được thực hiện. Kết thúc quá trình thực hiện công sẽ có sự biến thiên năng lượng của các vật thể, có thể là nhiệt năng, thế năng, động năng, ... tuân theo định luật bảo toàn năng lượng.

Đơn vị của công là Joule, là công được thực hiện khi một vật được dịch chuyển 1m thắng lực cản 1N có cùng phương dịch chuyển.

c. Liên hệ giữa nhiệt lượng và công

Như vừa xét ở trên, ta thấy công và nhiệt lượng đều là phần năng lượng được truyền giữa các hệ có tương tác với nhau. Công và nhiệt lượng có mối liên hệ chặt

chẽ với nhau và có thể chuyển hóa lẫn nhau: công có thể biến thành nhiệt và ngược lại.

Về mặt định lượng, khoảng giữa thế kỷ 19, bằng thực nghiệm Joule đã thiết lập được mối liên quan giữa nhiệt và công:

$$+ 1 \text{ calory} = 4,176 \text{ Joule}$$

Công và nhiệt lượng là những đại lượng dùng để đo phần năng lượng được truyền chứ bản thân chúng không phải là một dạng năng lượng.

5.2. Các loại công thực hiện trong cơ thể

Trong thực hiện công, kích thước các vật được dịch chuyển là không giới hạn, cũng có thể là các phân tử, nguyên tử, ion, electron. Trong hoạt động sống, công được thực hiện khi các phân tử nhỏ bé được dịch chuyển thắng các loại lực cản khác nhau ở mức tế bào, mô. Ta tổng quát hóa các trường hợp công được thực hiện trong cơ thể sống và đặt tên cho các loại công

+ Công hóa học là công thực hiện khi tổng hợp các chất, các tế bào, hoặc khi phân tách các chất, khi thực hiện các phản ứng hóa học,... . Lực cản trong trường hợp thực hiện công hóa học là lực điện từ.

+ Công cơ học là công thực hiện khi các cơ co hoặc căng chống lại lực cản là lực ma sát, trọng lực, các lực cơ học nói chung

+ Công thẩm thấu là công thực hiện khi các chất khác nhau được vận chuyển qua màng hay qua hệ đa màng từ vùng có nồng độ thấp sang vùng có nồng độ cao hơn (vận chuyển chủ động) chống lại lực khuếch tán và lực ma sát

+ Công điện là công thực hiện khi các hạt mang điện (các ion) được vận chuyển bởi điện trường, chống lại lực cản là lực ma sát.

5.3. Sinh nhiệt trong cơ thể

a. Nhiệt lượng sơ cấp

Thức ăn từ dạng ban đầu được ăn cần phải được tiêu hóa, chuyển hóa. Trải qua chuỗi dài các phản ứng hóa học đa dạng khác nhau diễn ra trong hệ tiêu hóa, một phần của thức ăn mới trở thành glucose lưu chuyển trong máu. Tiếp theo glucose vào tế bào và ở đây lại xảy ra các phản ứng hóa sinh để tổng hợp ATP từ ADP trong tế bào.

Tất cả các phản ứng hóa sinh đa dạng vừa nêu trên đều tỏa nhiệt, nhiệt ở đây là nhiệt thất thoát vô ích, tỏa ra song song với quá trình thực hiện công hóa học có ích. Điều này là dễ hiểu, vì hiệu suất mọi quá trình hóa học đều nhỏ hơn 100%. Người ta gọi nhiệt thất thoát vô ích đó là nhiệt lượng sơ cấp

Nhiệt lượng sơ cấp xuất hiện do kết quả phân tán năng lượng nhiệt tất nhiên trong các phản ứng hoá sinh. Như thế không phải tất cả năng lượng từ thức ăn đều chuyển thành năng lượng dự trữ trong ATP, một phần năng lượng ấy đã tán xạ dưới dạng nhiệt. Vì vậy trong sơ đồ chuyển hóa năng lượng trong cơ thể, song

song với bất kỳ quá trình sinh công nào cũng có quá trình tạo nên một nhiệt lượng sơ cấp Q_1 nào đó. Nhiệt lượng này phát ra ngay lập tức sau khi cơ thể tiếp thu thức ăn. Hiển nhiên rằng, hiệu suất của các phản ứng càng cao thì nhiệt lượng sơ cấp càng ít và ngược lại.

b. Nhiệt lượng thứ cấp

Các loại công được thực hiện trong hoạt động sống như ta đã nói ở trên lấy từ hóa năng của glucose và từ hóa năng của ATP. Năng lượng giải phóng từ hóa năng dự trữ trong glucose một phần biến thành công hóa học khi $ADP \rightarrow ATP$, một phần thất thoát vô ích dưới dạng nhiệt lượng sơ cấp. Tương tự, trong các quá trình khác thì năng lượng giải phóng từ phản ứng $ATP \rightarrow ADP$ một phần biến thành công có ích, một phần cũng lại thất thoát vô ích dưới dạng nhiệt sơ cấp. Vậy thì công có ích, tức là phần năng lượng được chuyển giao từ ATP đó nhất định phải chuyển thành dạng năng lượng nào đó. Khi công hóa học được thực hiện, các chất mới được hình thành, công đó đã biến thành một phần hóa năng của các phân tử mới, điển hình là ATP có hóa năng tiềm ẩn lớn hơn của ADP

Xét các trường hợp công thẩm thấu, công điện, ở đây công được thực hiện để thắng lực cản là lực ma sát. Ma sát sinh nhiệt, công trong các trường hợp này được chuyển thành nhiệt sinh ra. Dễ thấy nhất là công điện được thực hiện khi dòng ion dịch chuyển thắng lực ma sát của môi trường điện ly trong cơ thể, thực chất đó là dòng điện, mà dòng điện thì tỏa nhiệt. Như vậy toàn bộ công điện, công thẩm thấu biến thành nhiệt tỏa ra.

Trường hợp công cơ cơ thì ngoài việc thắng lực ma sát thì còn để thắng trọng lực. Công cơ cơ có thể bao gồm một phần công trong nó được thực hiện lên môi trường ngoài khi một người dịch chuyển, nâng các vật hoặc đi lại, lên xuống. Khi đó phần công thực hiện ở môi trường ngoài chắc chắn đã biến thành phần thế năng hay động năng thay đổi của các vật bên ngoài hoặc chính cơ thể người đó, hoặc thành nhiệt ở môi trường ngoài do ma sát.

Xét phần công cơ cơ thực hiện chỉ để dịch chuyển vật chất bên trong cơ thể. Tiêu biểu cho trường hợp này là hoạt động co bóp của tim duy trì dòng máu trong hệ tuần hoàn, một hoạt động sinh công chỉ để thắng lực cản là lực ma sát trong lòng mạch.

Ta nhận thấy phần công này không dẫn đến sự thay đổi thế năng hay động năng của toàn bộ vật chất của cơ thể ở mức vĩ mô. Dòng máu tuần hoàn theo chu trình khép kín, toàn bộ lượng máu có thế năng và động năng không đổi, các cơ quan, bộ phận không thay đổi vị trí của nó. Vậy thì toàn bộ phần công cơ cơ thực hiện trong cơ thể phải biến thành nhiệt trong cơ thể.

Nhiệt sinh ra bên trong cơ thể có bản chất là công cơ cơ, công thẩm thấu, công điện biến thành được gọi là nhiệt lượng thứ cấp. Đây không phải là năng lượng thất

thoát vô ích, đó là năng lượng tiêu hao để thực hiện công có ích và cuối cùng biến thành nhiệt.

5.4. Tiêu thụ năng lượng bởi cơ thể

Tính chất sinh nhiệt là tính chất tổng quát nhất của vật chất sống, nó đặc trưng cho tế bào đang có chuyển hoá cơ bản. Mọi chức năng sinh lý đều kéo theo sự sinh nhiệt. Tế bào còn sống, còn cần các phản ứng hóa sinh để tạo ATP kèm theo sinh nhiệt lượng sơ cấp. Để tế bào, mô, cơ thể hoạt động, ATP sẽ cần phải thủy phân, đồng thời công được thực hiện trong cơ thể, khi đó kèm theo sinh cả nhiệt lượng sơ cấp và thứ cấp

Từ sơ đồ biến đổi năng lượng ở trên ta rút ra được, năng lượng cơ thể đã tiêu hao là tổng các giá trị ΔQ , ΔA_{out} , ΔM

Trong đó ΔQ là nhiệt lượng sinh ra trong cơ thể, $\Delta Q = \Delta Q_1 + \Delta Q_2$;

ΔQ_1 , ΔQ_2 lần lượt là nhiệt lượng sơ cấp, thứ cấp

ΔM là năng lượng dự trữ dưới dạng hoá năng khi các công hóa học được thực hiện

ΔA_{in} là tổng các công khác thực hiện trong cơ thể, trên sơ đồ được chú thích là “công bên trong”, toàn bộ công này biến thành nhiệt lượng thứ cấp, nghĩa là $\Delta A_{in} = \Delta Q_2$

ΔA_{out} là công mà cơ thể thực hiện lên môi trường ngoài

Theo định luật bảo toàn năng lượng, nguồn duy nhất cung cấp năng lượng này là thức ăn, vậy thức ăn phải đem lại năng lượng cho cơ thể là:

$$\Delta E = \Delta Q + \Delta A_{out} + \Delta M$$

ΔQ sẽ tỏa ra môi trường. Bằng những thí nghiệm tinh vi, kĩ lưỡng, các nhà khoa học đã đo được nhiệt sinh ra trong cơ thể của một người thí nghiệm trong một ngày là $\Delta Q = 1800 \text{ kcal}$. Có thể hiểu kết quả này là: nhu cầu năng lượng của một người trong một ngày tối thiểu là 1800 kcal

Nhiệt tỏa ra môi trường	1400 kcal
Nhiệt hóa hơi (nước bay hơi thu nhiệt) qua hô hấp	180 kcal
Nhiệt hóa hơi qua đổ mồ hôi trên da	220 kcal
Cộng	1800 kcal.

Ghi nhớ

- Năng lượng là đại lượng đặc trưng cho khả năng sinh công và khả năng biến đổi sự vật.

- Cơ thể sống có đầy đủ các dạng năng lượng như các dạng năng lượng tồn tại trong tự nhiên: nhiệt năng, cơ năng, điện năng, hóa năng,...

- Sơ đồ chuyển hóa năng lượng ở cơ thể:

Thức ăn $\rightarrow$ Glucose $\rightarrow$ ATP $\rightarrow$ năng lượng chi trả cho mọi hoạt động của cơ thể.