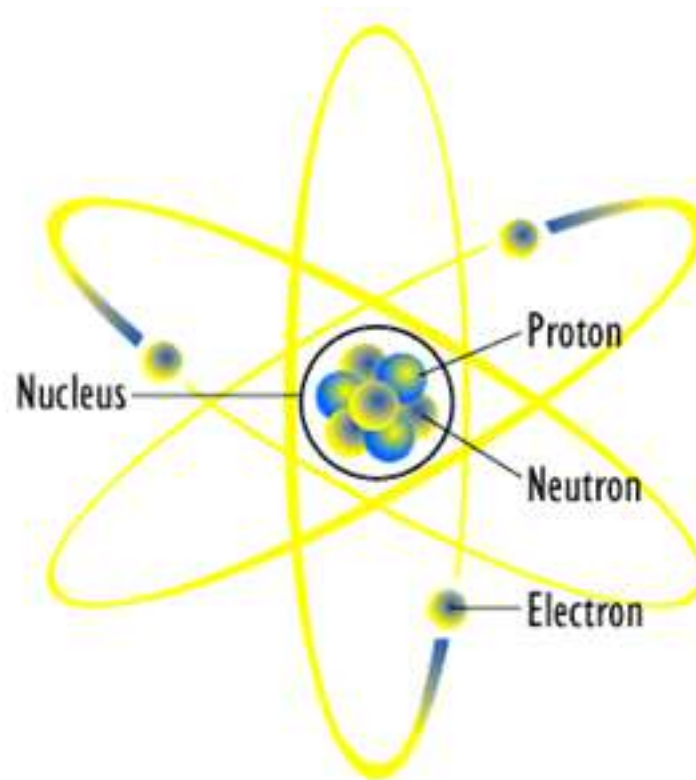


Lý thuyết trường điện từ



Giới thiệu (1)



<https://kimrendfeld.wordpress.com/2012/11/>

Giới thiệu (2)

Kỹ thuật
y sinh

Tương thích
điện từ

Laser &
quang điện tử

Ăngten

TRƯỜNG ĐIỆN TỪ

Máy điện

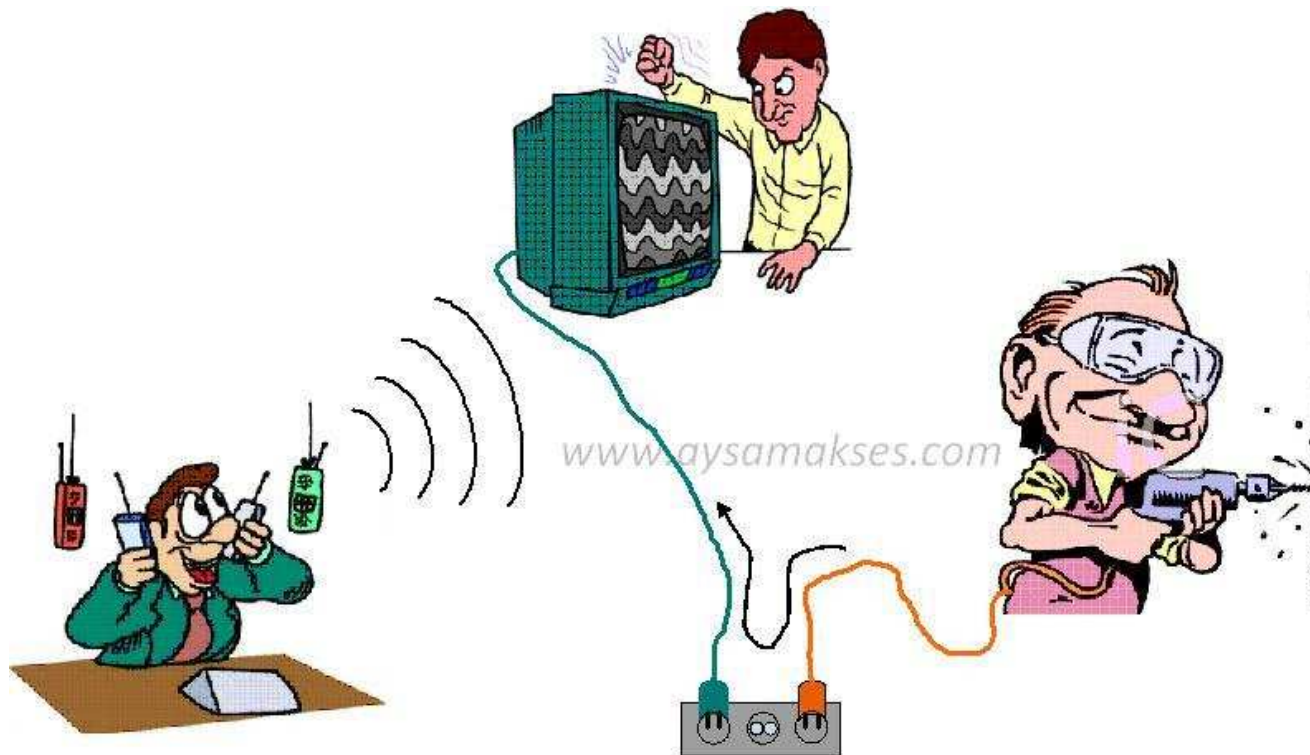
Liên lạc
vô tuyến

Cảm biến
từ xa

Quân sự
quốc phòng

Giới thiệu (3)

Tương thích điện từ

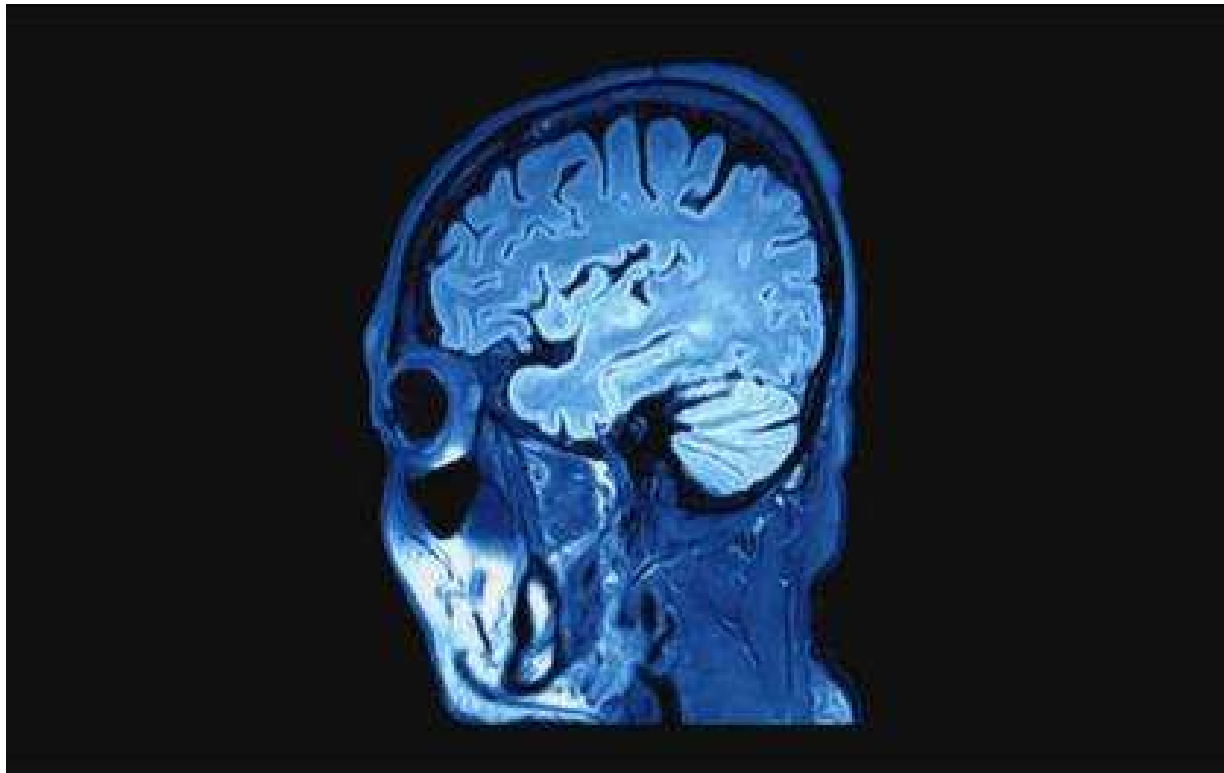


<http://www.aysamakses.com/en/bilgi-bankasi/elektromanyetik-uyumluluk-emc/>

Lý thuyết trường điện từ - sites.google.com/site/ncpdhbkhn

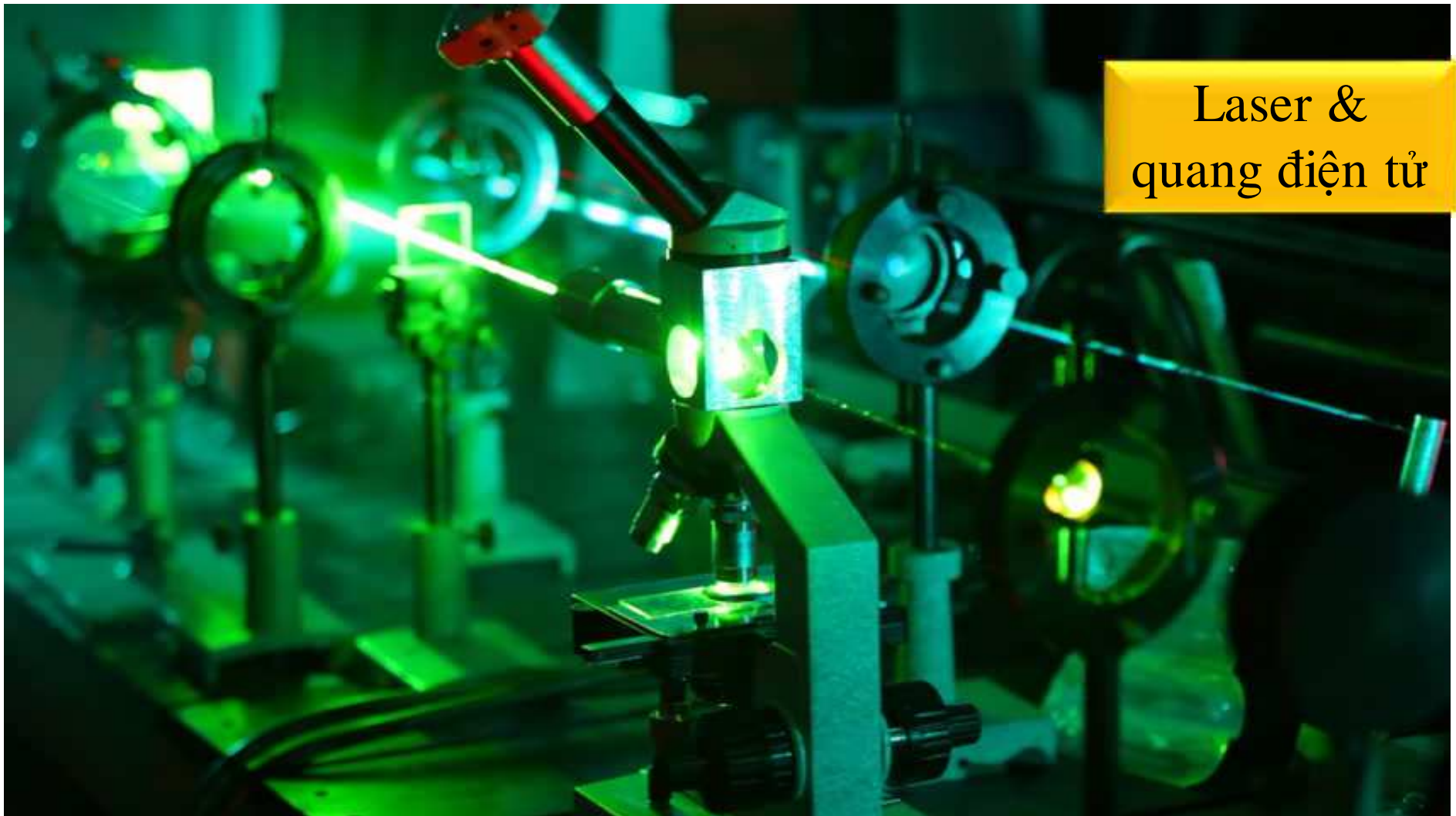
Giới thiệu (4)

Kỹ thuật
y sinh



<https://biomedical.njit.edu/mri/>

Giới thiệu (5)



Laser &
quang điện tử

<https://www.shutterstock.com/video/clip-3748037-stock-footage-masked-ninjas-strike-various-dramatic-poses-at-the-bottom-of-the-screen-plenty-of-space-for.html>

Lý thuyết trường điện từ - sites.google.com/site/ncpdhbkhn

Giới thiệu (6)

Ăngten



<http://www.intertronicsolutions.com/my-product/12m-antenna/>

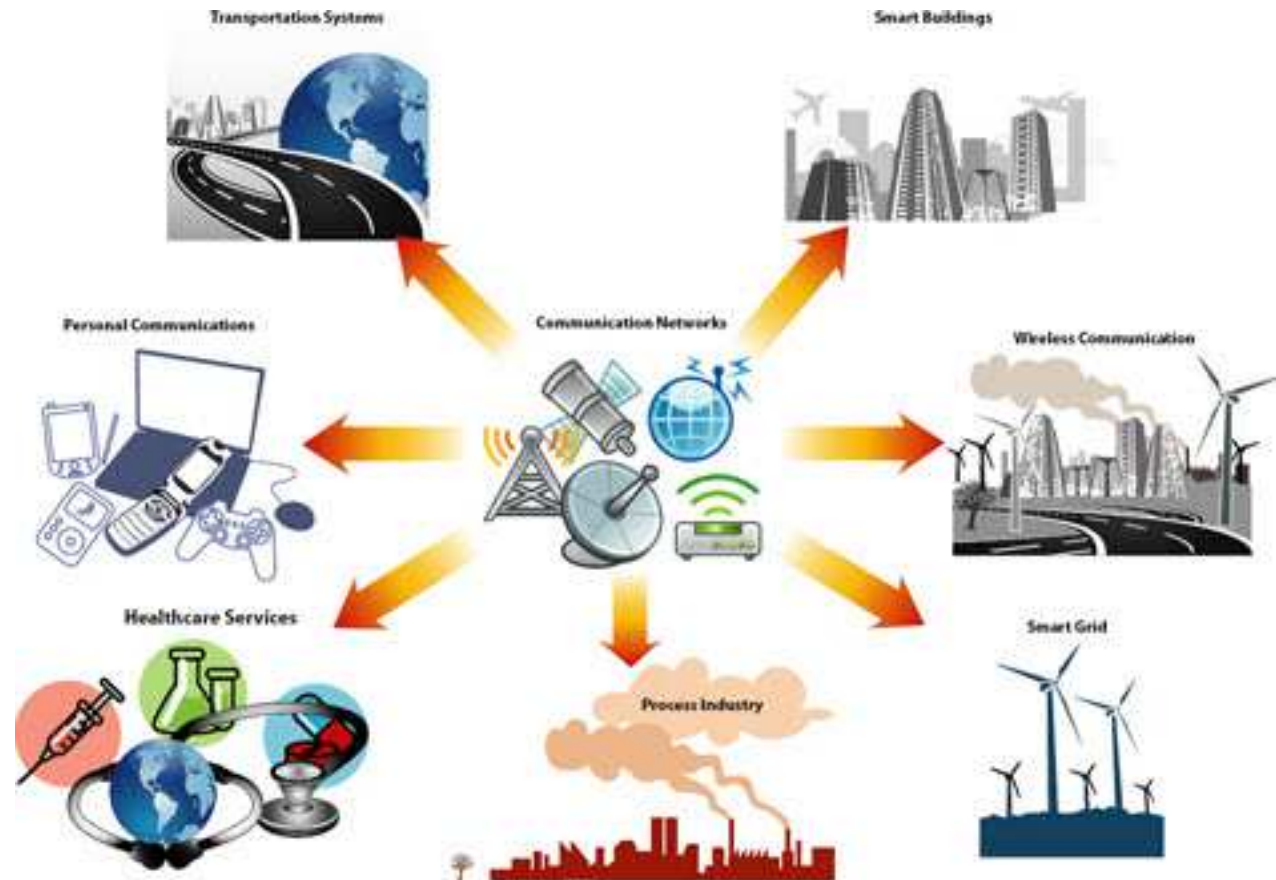
Giới thiệu (7)



Máy điện

<http://gibbonsgroup.blogspot.com/2014/05/3-problems-youll-face-if-your-electric.html>

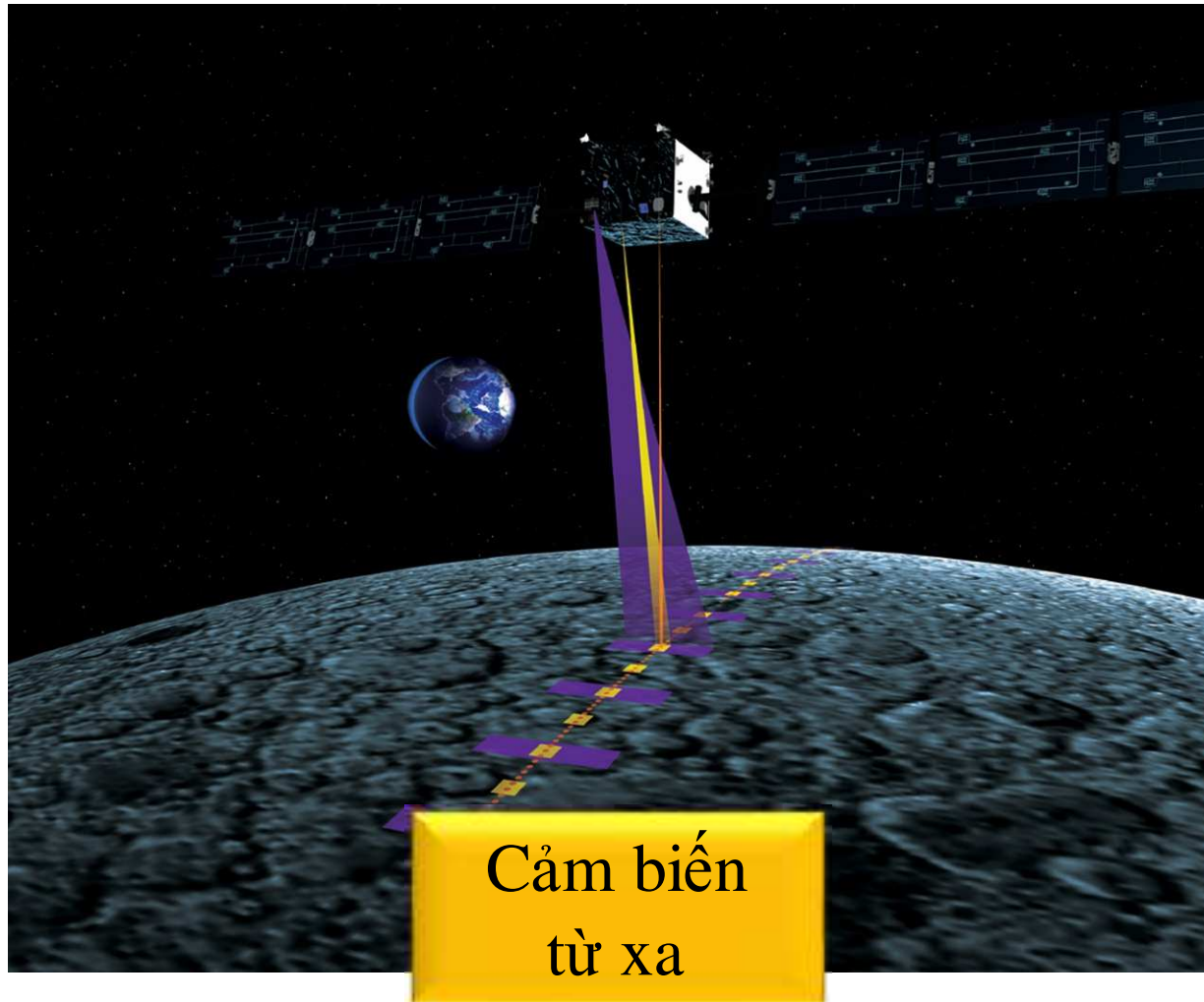
Giới thiệu (8)



Liên lạc
vô tuyến

<https://www.efxkits.us/project-kits-on-wireless-communication-for-electronics-professionals/>

Giới thiệu (9)



http://m.esa.int/spaceinimages/Images/2003/07/Remote-sensing_instruments_on_SMART-1_scan_the_Moon_s_surface

Giới thiệu (10)



Quân sự
quốc phòng

(C) Kirill FW-Mess MiG-31BM RF-92382 / photo ID 188004

RussianPlanes.NET

russianplanes.net

Lý thuyết trường điện từ - sites.google.com/site/ncpdhbkhn

Giới thiệu (2)

Kỹ thuật
y sinh

Tương thích
điện từ

Laser &
quang điện tử

Ăngten

TRƯỜNG ĐIỆN TỪ

Máy điện

Liên lạc
vô tuyến

Cảm biến
từ xa

Quân sự
quốc phòng

Giới thiệu (11)

Trường điện từ

Điện trường tĩnh

$$\frac{\partial q}{\partial t} = 0$$

Từ trường tĩnh

$$\frac{\partial I}{\partial t} = 0$$

Điện từ trường biến thiên

$$\frac{\partial I}{\partial t} \neq 0$$

Giới thiệu (12)

1. W. H. Hayt, J. A. Buck. *Engineering Electromagnetics*. McGraw-Hill, 2007
2. E. J. Rothwell, M. J. Cloud. *Electromagnetics*. CRC Press, 2001
3. Nguyễn Bình Thành, Nguyễn Trần Quân, Lê Văn Bảng. *Cơ sở lý thuyết trường điện từ*. NXB Đại học & trung học chuyên nghiệp, 1970
4. Nguyễn Công Phương, Trần Hoài Linh. *Phương pháp số trong trường điện từ – minh họa bằng Python, tập 1*. NXB Khoa học & Kỹ thuật, 2021
5. <https://sites.google.com/site/ncpdhbkhn/>



Nội dung

- I. Giới thiệu
- II. Giải tích véctơ
- III. Luật Coulomb & cường độ điện trường
- IV. Dịch chuyển điện, luật Gauss & ðive
- V. Năng lượng & điện thế
- VI. Dòng điện & vật dẫn
- VII. Điện môi & điện dung
- VIII. Các phương trình Poisson & Laplace
- IX. Từ trường ðùng
- X. Lực từ & điện cảm
- XI. Trường biến thiên & hệ phương trình Maxwell
- XII. Sóng phẳng
- XIII. Phản xạ & tán xạ sóng phẳng
- XIV. Dẫn sóng & bức xạ

Giải tích véctor

1. Vô hướng & véctor
2. Hệ tọa độ Descartes
3. Tích vô hướng & tích hữu hướng
4. Hệ tọa độ trụ tròn
5. Hệ tọa độ cầu

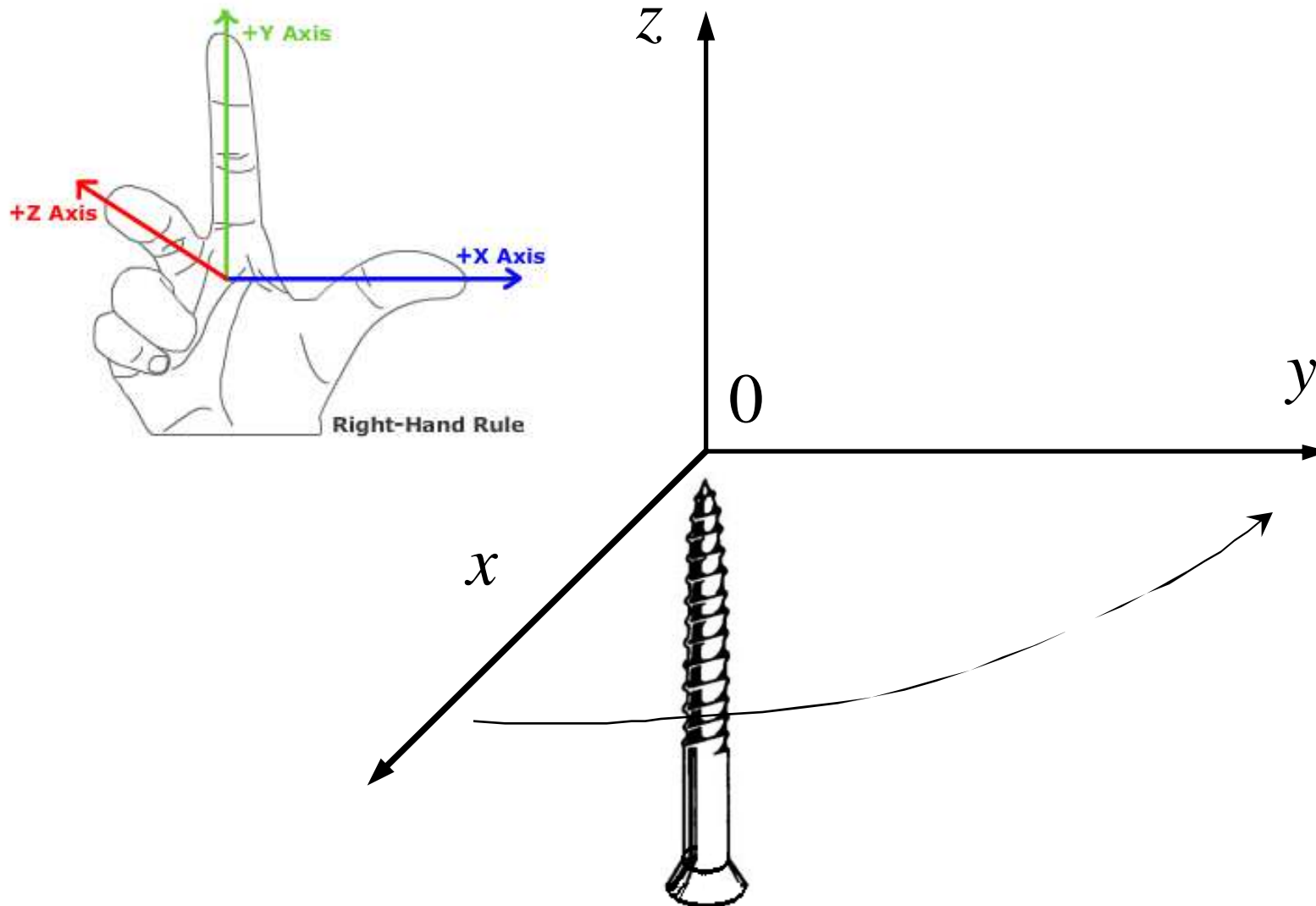
Vô hướng & véctor

- Vô hướng: đại lượng được biểu diễn bằng một số thực (âm hoặc dương)
- Ví dụ về vô hướng: khoảng cách, thời gian, nhiệt độ, ...
- Vô hướng ký hiệu bằng chữ nghiêng, VD t, m, E, \dots
- Véctor: đại lượng được biểu diễn bằng độ lớn (luôn dương) & hướng trong không gian (2D, 3D, nD)
- Ví dụ về véctor: lực, vận tốc, gia tốc, ...
- Véctor ký hiệu bằng chữ thẳng, đậm, VD \mathbf{A}
- Có thể thay ký hiệu \mathbf{A} bằng \bar{A}
- Viết $\mathbf{E} = 5\mathbf{a}_x$ hoặc $\bar{E} = 5\bar{a}_x$: đúng
- Viết $E = 5a_x$: **SAI**

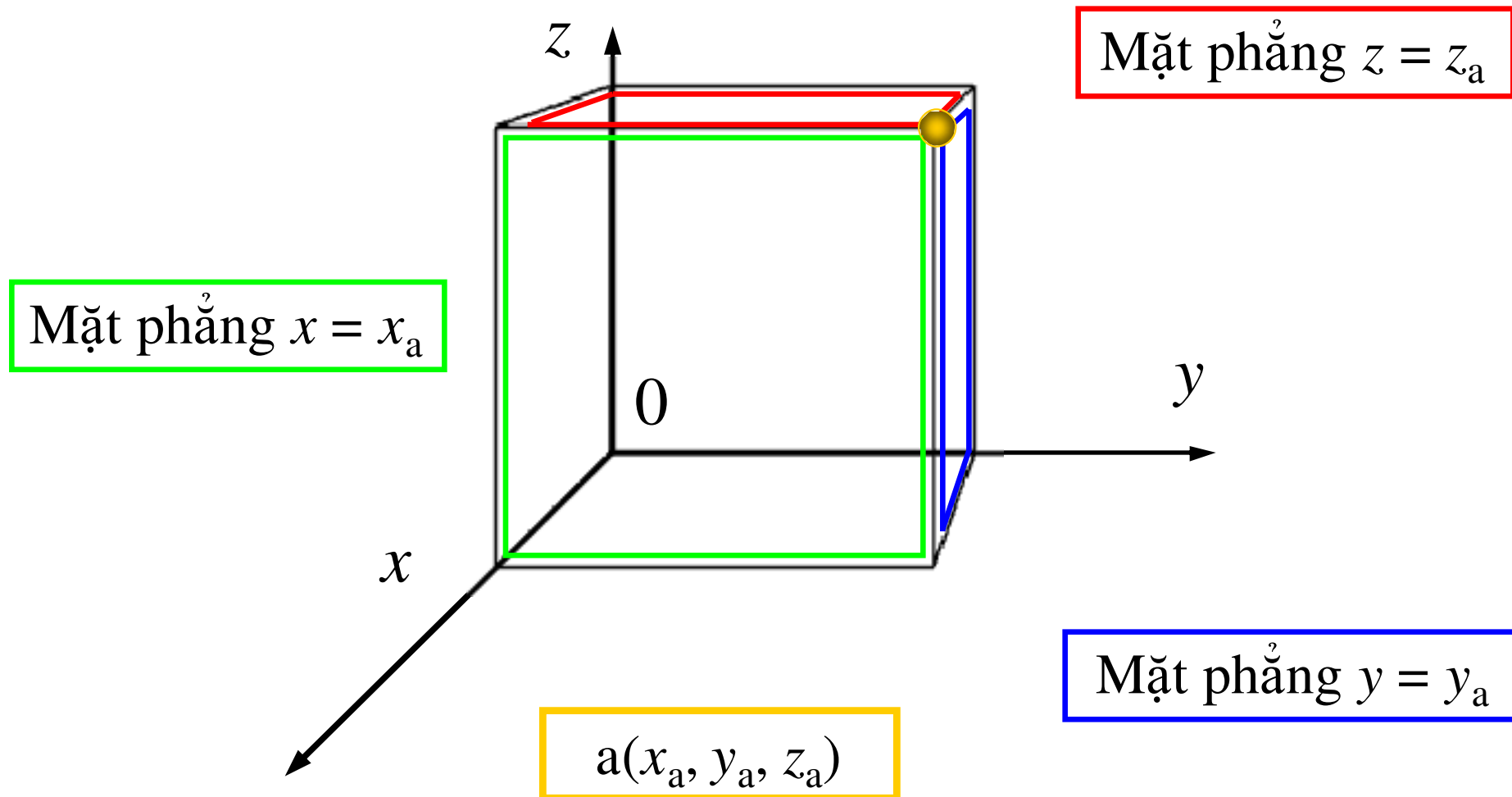
Giải tích véctor

1. Vô hướng & véctor
- 2. Hệ tọa độ Descartes**
3. Tích vô hướng & tích hữu hướng
4. Hệ tọa độ trụ tròn
5. Hệ tọa độ cầu

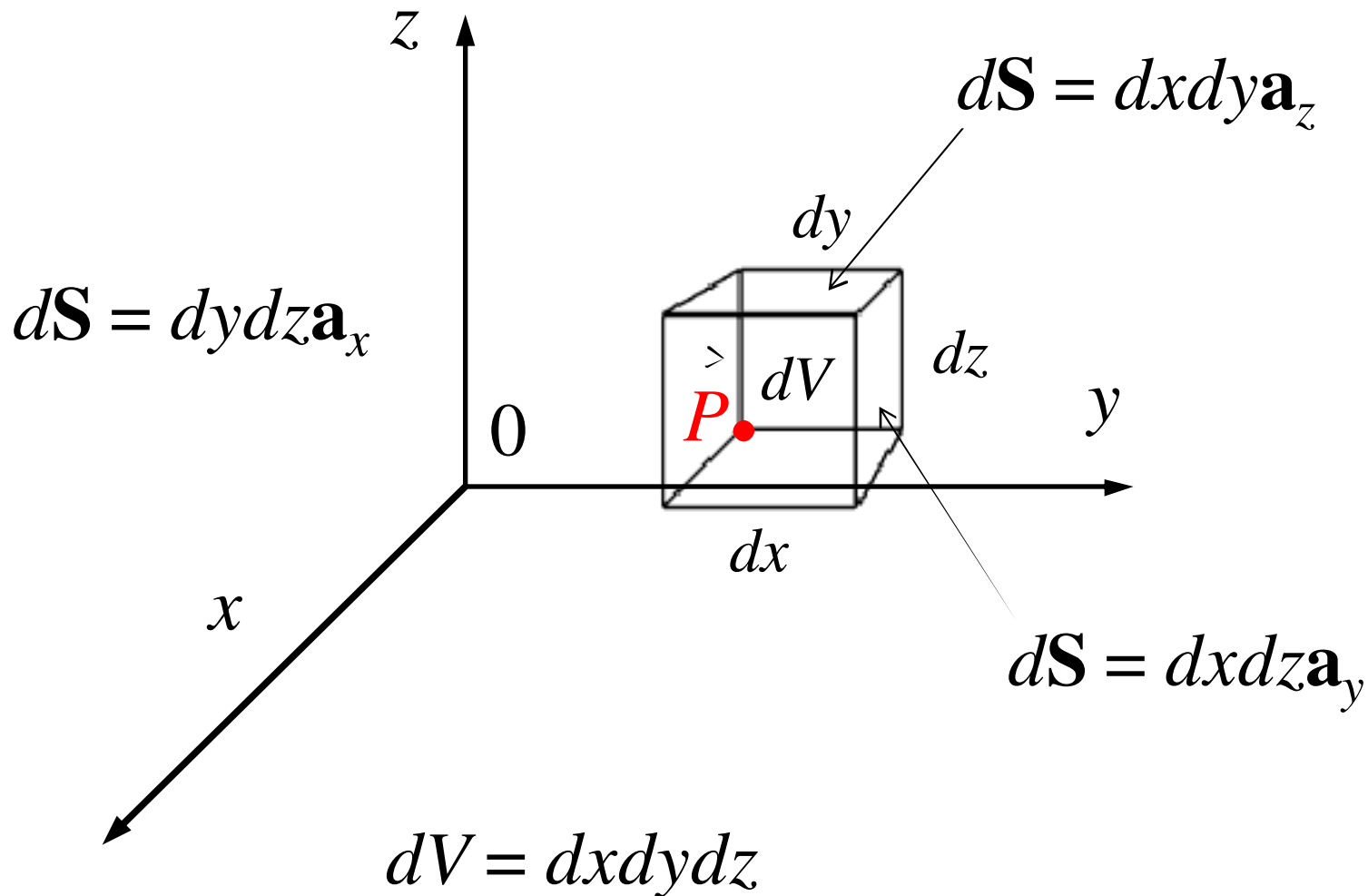
Hệ tọa độ Descartes (1)



Hệ tọa độ Descartes (2)



Hệ tọa độ Descartes (3)



Hệ tọa độ Descartes (4)

$$|\mathbf{a}_x| = |\mathbf{a}_y| = |\mathbf{a}_z| = 1$$

$$a_x = a_y = a_z = 1$$

$$\mathbf{a}_x, \mathbf{a}_y, \mathbf{a}_z$$

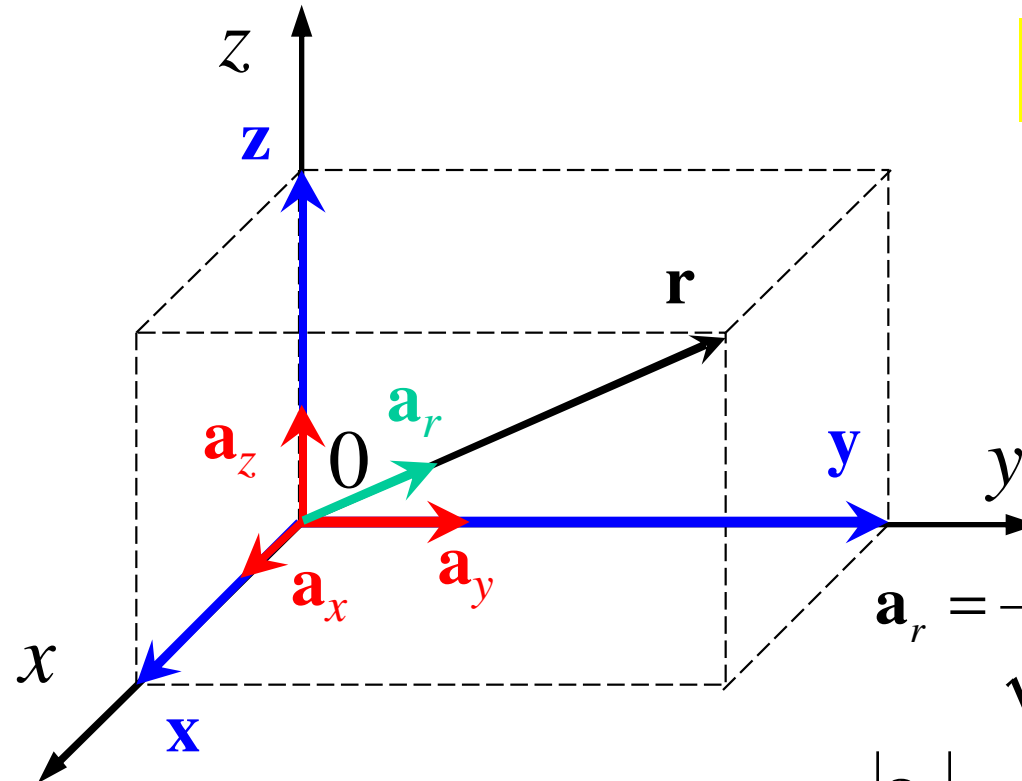
$$\bar{a}_x, \bar{a}_y, \bar{a}_z$$

$$\vec{a}_x, \vec{a}_y, \vec{a}_z$$

$$\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$$

$$\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$$

...



$$\mathbf{a}_r = \frac{\mathbf{r}}{\sqrt{r_x^2 + r_y^2 + r_z^2}} = \frac{\mathbf{r}}{|\mathbf{r}|}$$

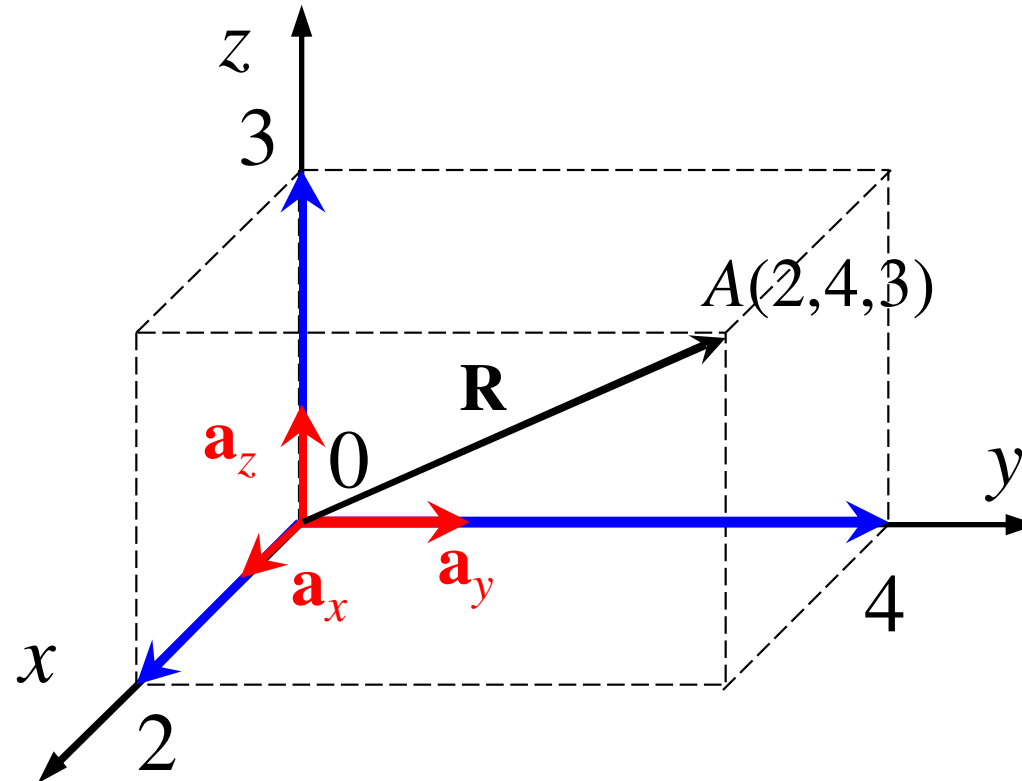
$$|\mathbf{a}_r| = a_r = 1$$

$$\left. \begin{array}{l} \mathbf{r} = x\mathbf{a}_x + y\mathbf{a}_y + z\mathbf{a}_z \\ \mathbf{x} = x\mathbf{a}_x; \mathbf{y} = y\mathbf{a}_y; \mathbf{z} = z\mathbf{a}_z \end{array} \right\} \rightarrow \mathbf{r} = x\mathbf{a}_x + y\mathbf{a}_y + z\mathbf{a}_z = r_x\mathbf{a}_x + r_y\mathbf{a}_y + r_z\mathbf{a}_z$$

$$|\mathbf{r}| = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + r_z^2}$$

VD1

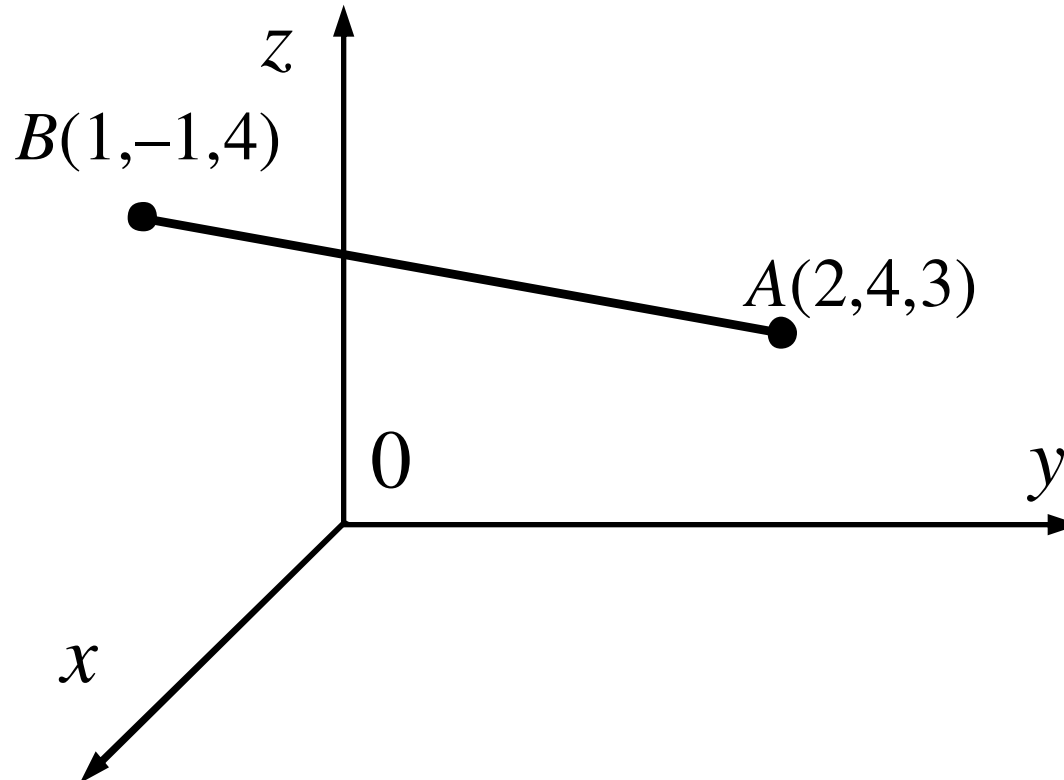
Hệ tọa độ Descartes (5)



$$\mathbf{R} = \bar{\mathbf{R}} = 2\mathbf{a}_x + 4\mathbf{a}_y + 3\mathbf{a}_z$$

VD2

Hệ tọa độ Descartes (6)

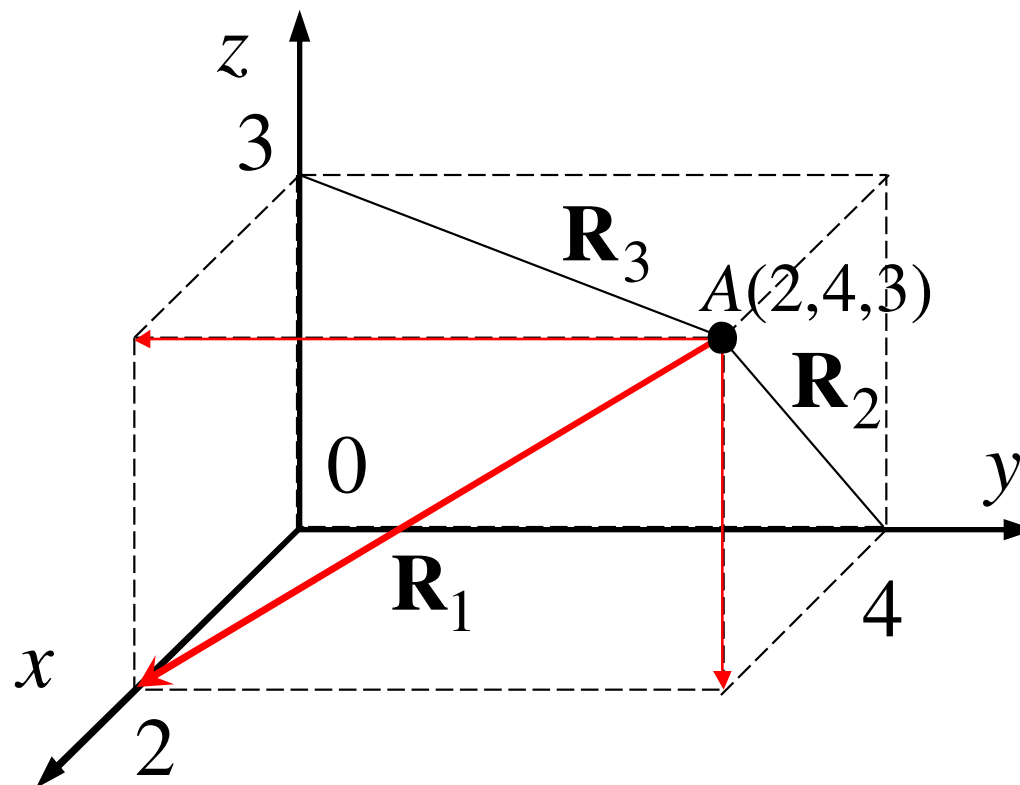


$$\begin{aligned}
 \mathbf{R}_1 = \overline{BA} &= (A_x - B_x)\mathbf{a}_x + (A_y - B_y)\mathbf{a}_y + (A_z - B_z)\mathbf{a}_z \\
 &= (2 - 1)\mathbf{a}_x + [4 - (-1)]\mathbf{a}_y + (3 - 4)\mathbf{a}_z = \boxed{\mathbf{a}_x + 5\mathbf{a}_y - \mathbf{a}_z}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{R}_2 = \overline{AB} &= (B_x - A_x)\mathbf{a}_x + (B_y - A_y)\mathbf{a}_y + (B_z - A_z)\mathbf{a}_z \\
 &= (1 - 2)\mathbf{a}_x + (-1 - 4)\mathbf{a}_y + (4 - 3)\mathbf{a}_z = \boxed{-\mathbf{a}_x - 5\mathbf{a}_y + \mathbf{a}_z} = -\mathbf{R}_1
 \end{aligned}$$

VD3

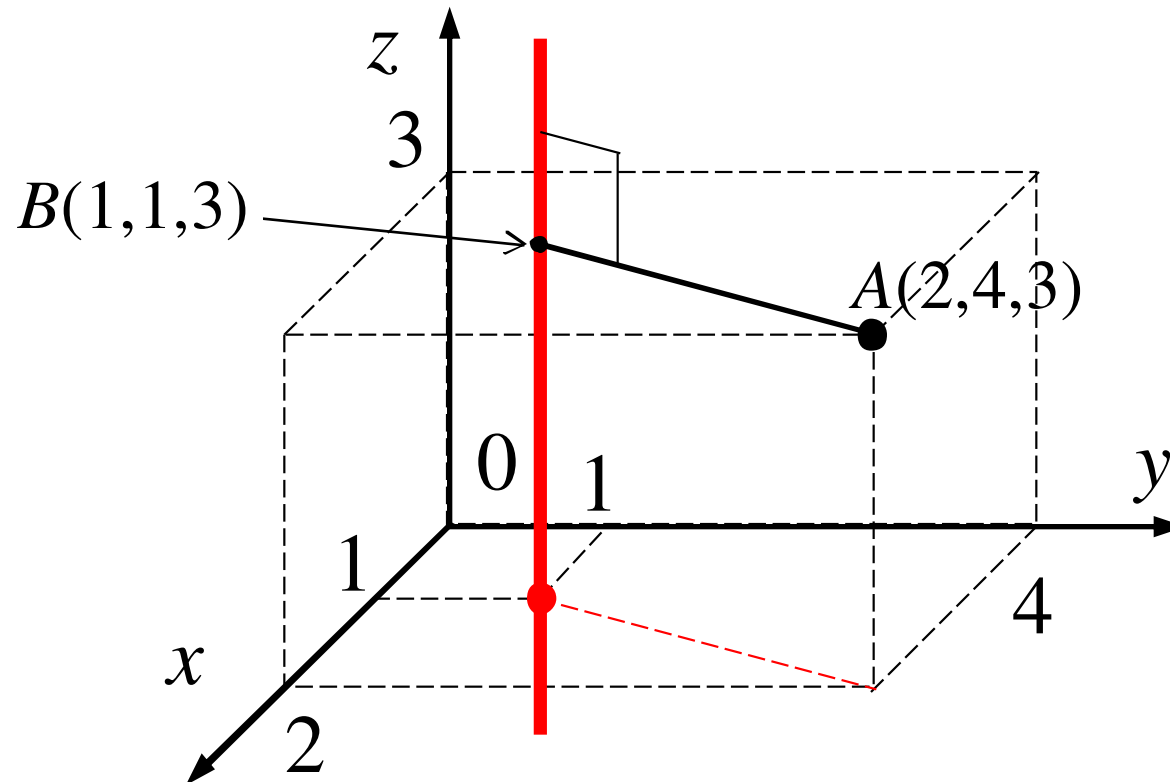
Hệ tọa độ Descartes (7)



$$\mathbf{R}_1 = (2 - 2)\mathbf{a}_x + (0 - 4)\mathbf{a}_y + (0 - 3)\mathbf{a}_z = -4\mathbf{a}_y - 3\mathbf{a}_z$$

VD4

Hệ tọa độ Descartes (8)



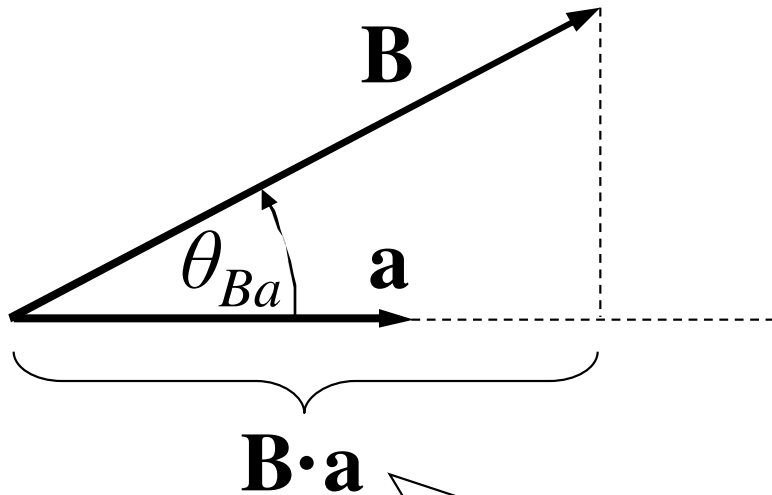
$$\begin{aligned}
 \mathbf{R}_1 = \overrightarrow{BA} &= (A_x - B_x)\mathbf{a}_x + (A_y - B_y)\mathbf{a}_y + (A_z - B_z)\mathbf{a}_z \\
 &= (2 - 1)\mathbf{a}_x + (4 - 1)\mathbf{a}_y + (3 - 3)\mathbf{a}_z = \boxed{\mathbf{a}_x + 3\mathbf{a}_y}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{R}_2 = \overrightarrow{AB} &= (B_x - A_x)\mathbf{a}_x + (B_y - A_y)\mathbf{a}_y + (B_z - A_z)\mathbf{a}_z \\
 &= (1 - 2)\mathbf{a}_x + (1 - 4)\mathbf{a}_y + (3 - 3)\mathbf{a}_z = \boxed{-\mathbf{a}_x - 3\mathbf{a}_y} = -\mathbf{R}_1
 \end{aligned}$$

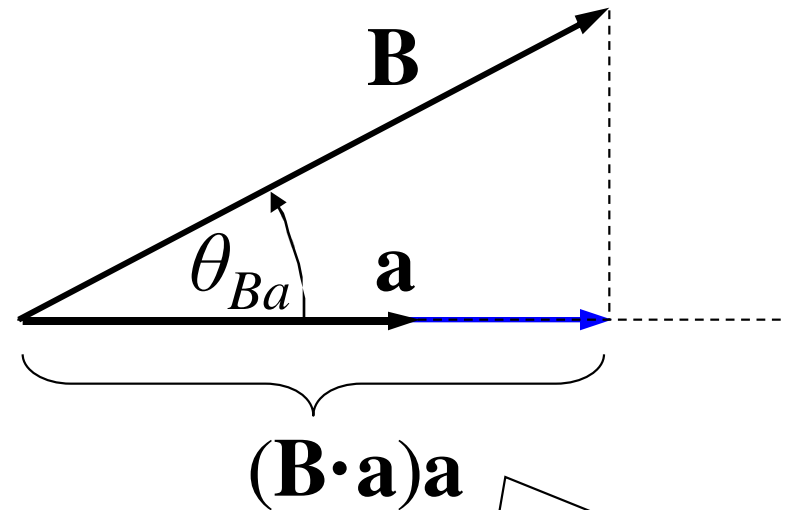
Tích vô hướng (1)

- $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = |\mathbf{A}| |\mathbf{B}| \cos \theta_{AB}$
 - $|\mathbf{A}|$: độ lớn của vectơ \mathbf{A}
 - $|\mathbf{B}|$: độ lớn của vectơ \mathbf{B}
 - θ_{AB} : góc nhỏ hơn giữa hai vectơ \mathbf{A} & \mathbf{B}
- $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{A}$
- $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$

Tích vô hướng (2)



Thành phần vô hướng của
véctor \mathbf{B} theo hướng
véctor đơn vị \mathbf{a}



Thành phần hữu hướng của
véctor \mathbf{B} theo hướng
véctor đơn vị \mathbf{a}

$$\text{VD: } B_x = \mathbf{B} \cdot \mathbf{a}_x$$

$$\text{VD: } B_x \mathbf{a}_x = (\mathbf{B} \cdot \mathbf{a}_x) \mathbf{a}_x$$

VD

Tích vô hướng (3)

Xét một trường vectơ $\mathbf{G} = y\mathbf{a}_x - 2,5x\mathbf{a}_y + 3\mathbf{a}_z$ và điểm $Q(4, 5, 2)$. Tính:

a) \mathbf{G} tại Q ?

b) thành phần vô hướng của \mathbf{G} tại Q theo hướng của vectơ $\mathbf{a}_N = \frac{1}{3}(2\mathbf{a}_x + \mathbf{a}_y - 2\mathbf{a}_z)$?

c) thành phần hữu hướng của \mathbf{G} tại Q theo hướng của \mathbf{a}_N ?

$$\text{a) } \mathbf{G}(\mathbf{r}_Q) = 5\mathbf{a}_x - 2,5 \cdot 4\mathbf{a}_y + 3\mathbf{a}_z = 5\mathbf{a}_x - 10\mathbf{a}_y + 3\mathbf{a}_z$$

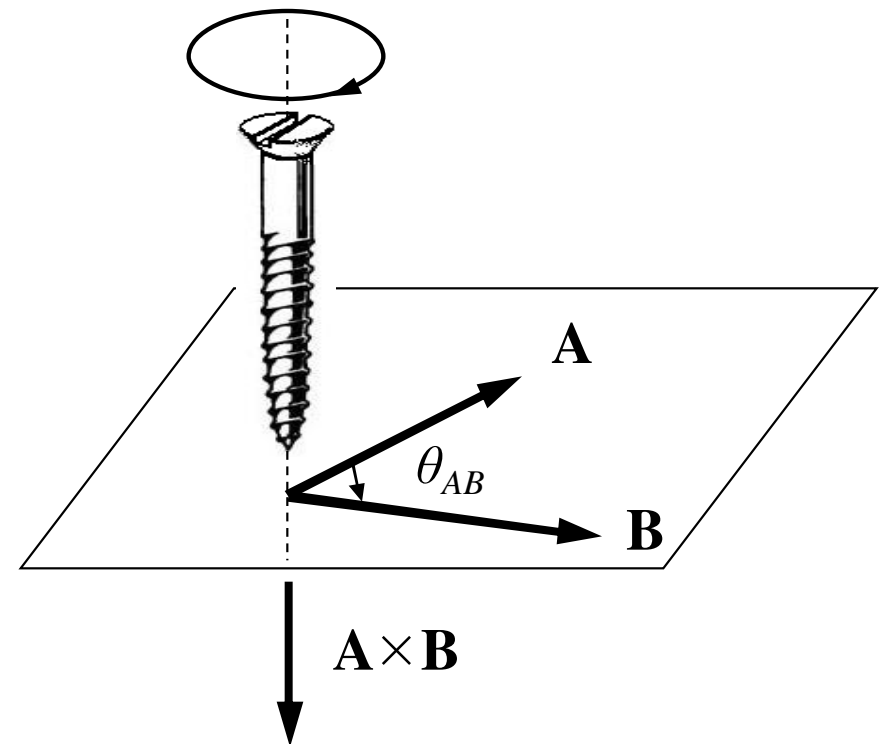
$$\text{b) } \mathbf{G} \cdot \mathbf{a}_N = (5\mathbf{a}_x - 10\mathbf{a}_y + 3\mathbf{a}_z) \cdot \frac{1}{3}(2\mathbf{a}_x + \mathbf{a}_y - 2\mathbf{a}_z) = \frac{1}{3}(10 - 10 - 6) = -2$$

$$\text{c) } (\mathbf{G} \cdot \mathbf{a}_N)\mathbf{a}_N = (-2)\frac{1}{3}(2\mathbf{a}_x + \mathbf{a}_y - 2\mathbf{a}_z) = -1,333\mathbf{a}_x - 0,667\mathbf{a}_y + 1,333\mathbf{a}_z$$

Tích hữu hướng

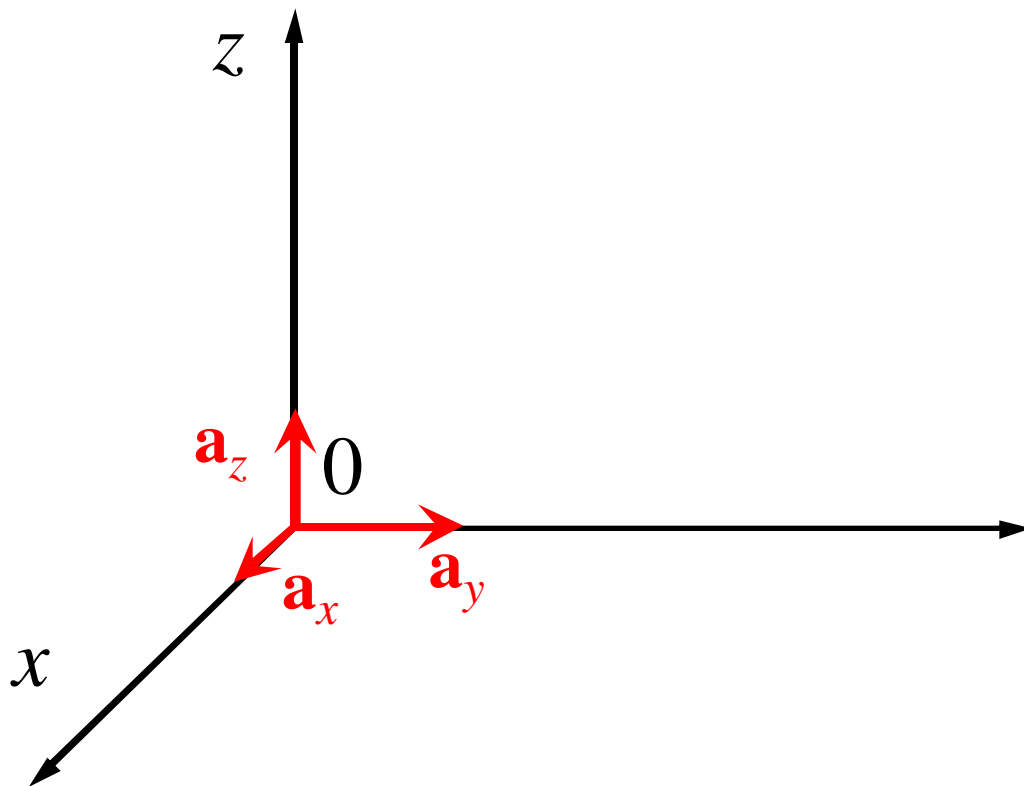
- $\mathbf{A} \times \mathbf{B} = a_N |\mathbf{A}| |\mathbf{B}| \sin \theta_{AB}$
– a_N : véctor pháp tuyến
- $\mathbf{B} \times \mathbf{A} = -(\mathbf{A} \times \mathbf{B})$

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = \begin{vmatrix} \mathbf{a}_x & \mathbf{a}_y & \mathbf{a}_z \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$



$\mathbf{a}_x, \mathbf{a}_y, \mathbf{a}_z$: véctor đơn vị của các trục x, y, z

Hệ tọa độ Descartes (5)



$$\mathbf{a}_x \cdot \mathbf{a}_y = 0$$

$$\mathbf{a}_x \cdot \mathbf{a}_x = 1$$

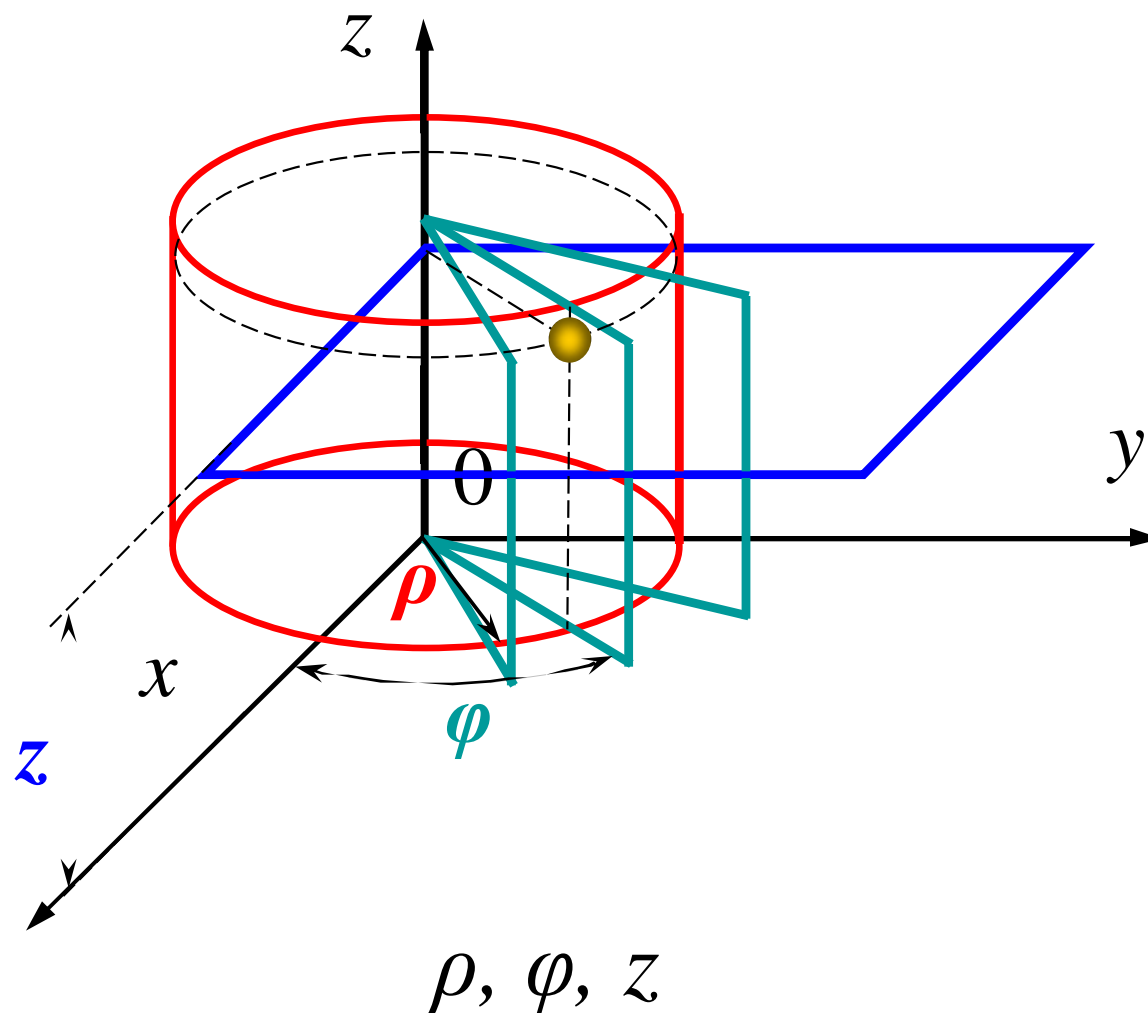
$$\mathbf{a}_x \times \mathbf{a}_x = 0$$

$$\mathbf{a}_x \times \mathbf{a}_y = \mathbf{a}_z$$

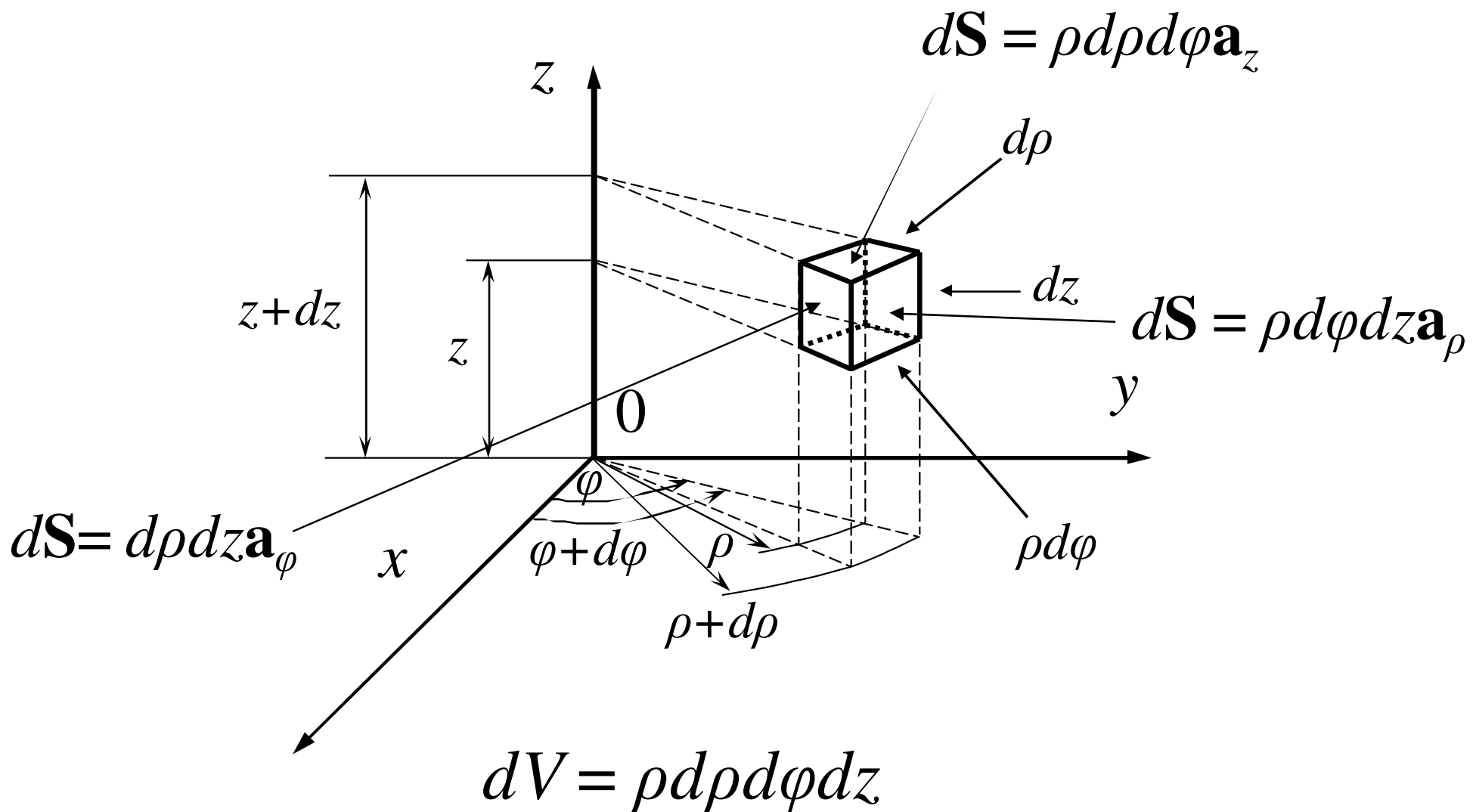
Giải tích véctor

1. Vô hướng & véctor
2. Hệ tọa độ Descartes
3. Tích vô hướng & tích hữu hướng
- 4. Hệ tọa độ trụ tròn**
5. Hệ tọa độ cầu

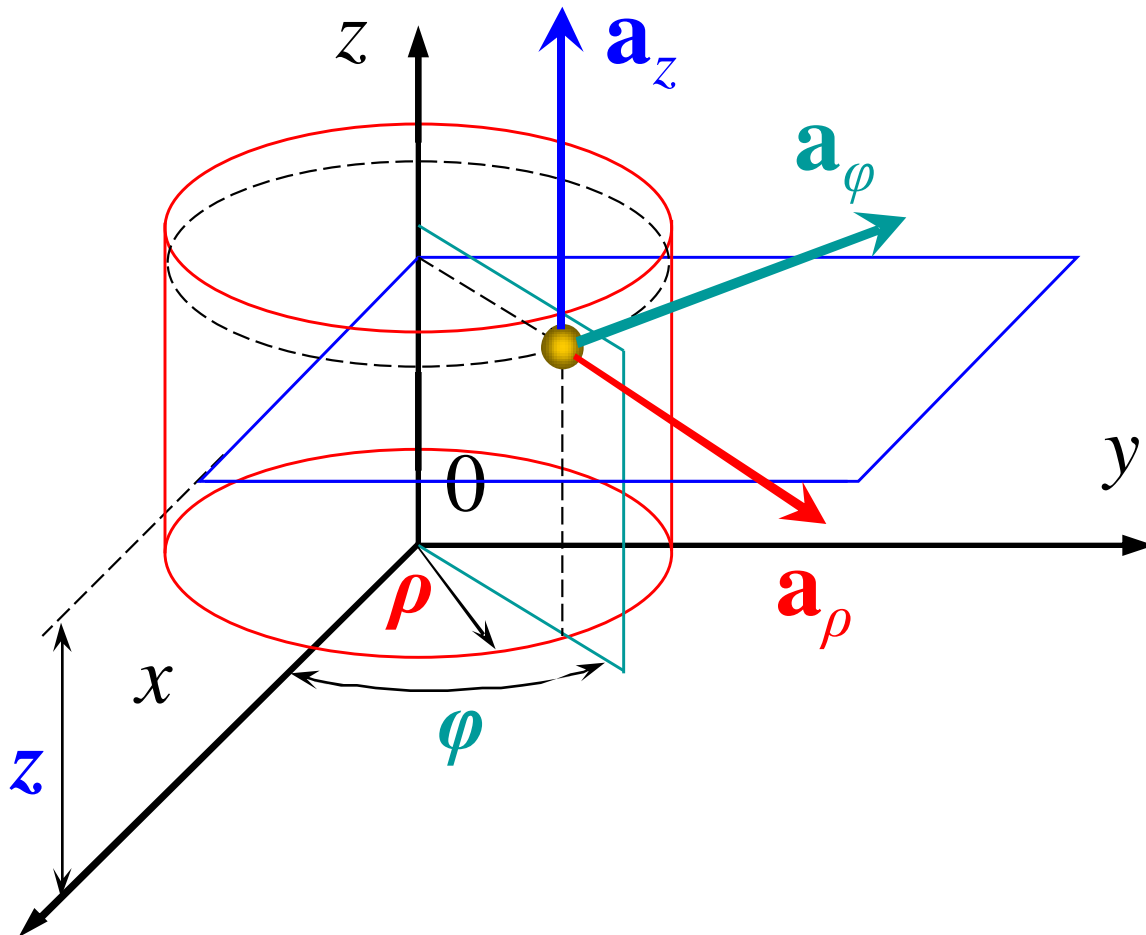
Hệ tọa độ trụ tròn (1)



Hệ tọa độ trụ tròn (2)



Hệ tọa độ trụ tròn (3)



$$\mathbf{a}_\rho \cdot \mathbf{a}_\phi = 0$$

$$\mathbf{a}_\rho \cdot \mathbf{a}_\rho = 1$$

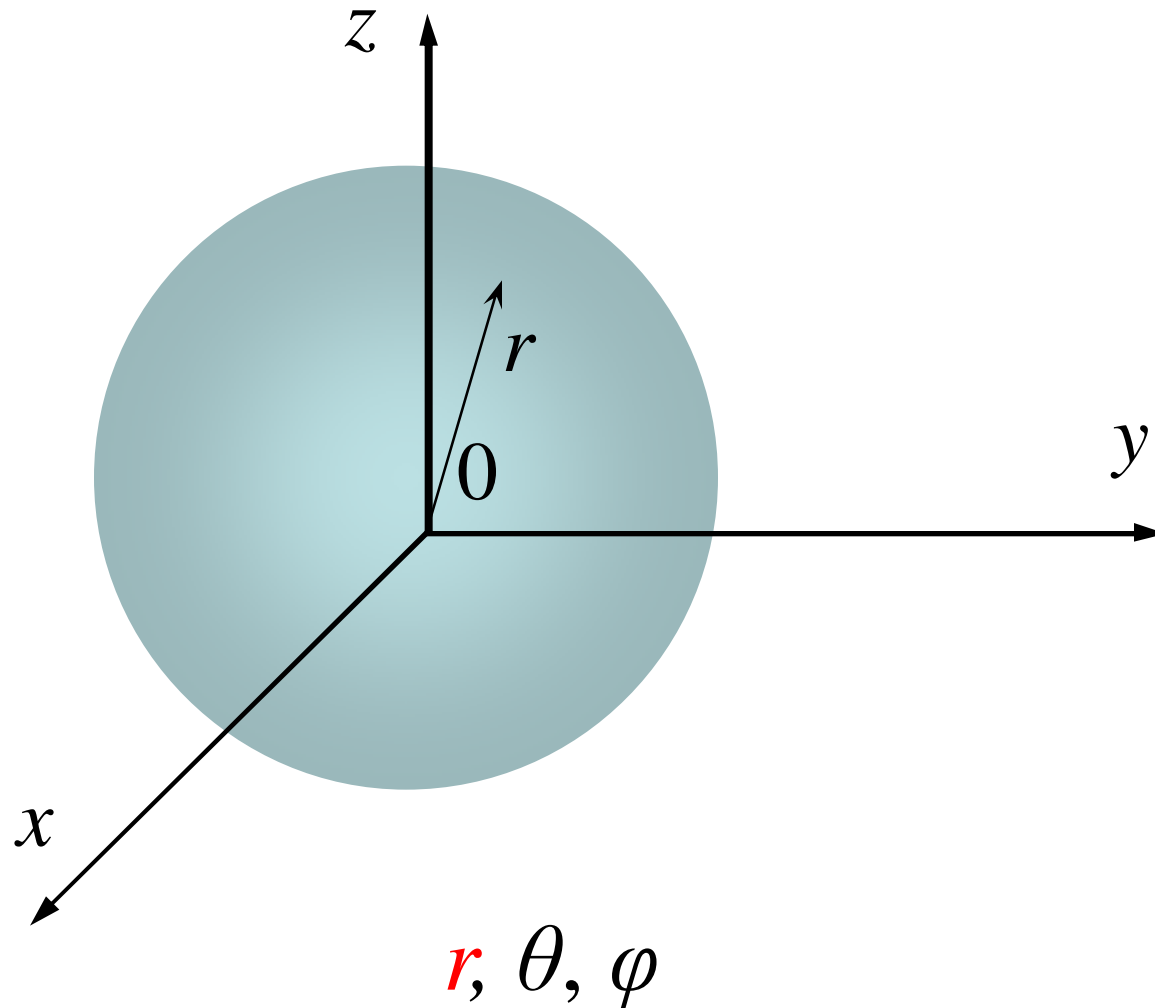
$$\mathbf{a}_\rho \times \mathbf{a}_\rho = 0$$

$$\mathbf{a}_\rho \times \mathbf{a}_\phi = \mathbf{a}_z$$

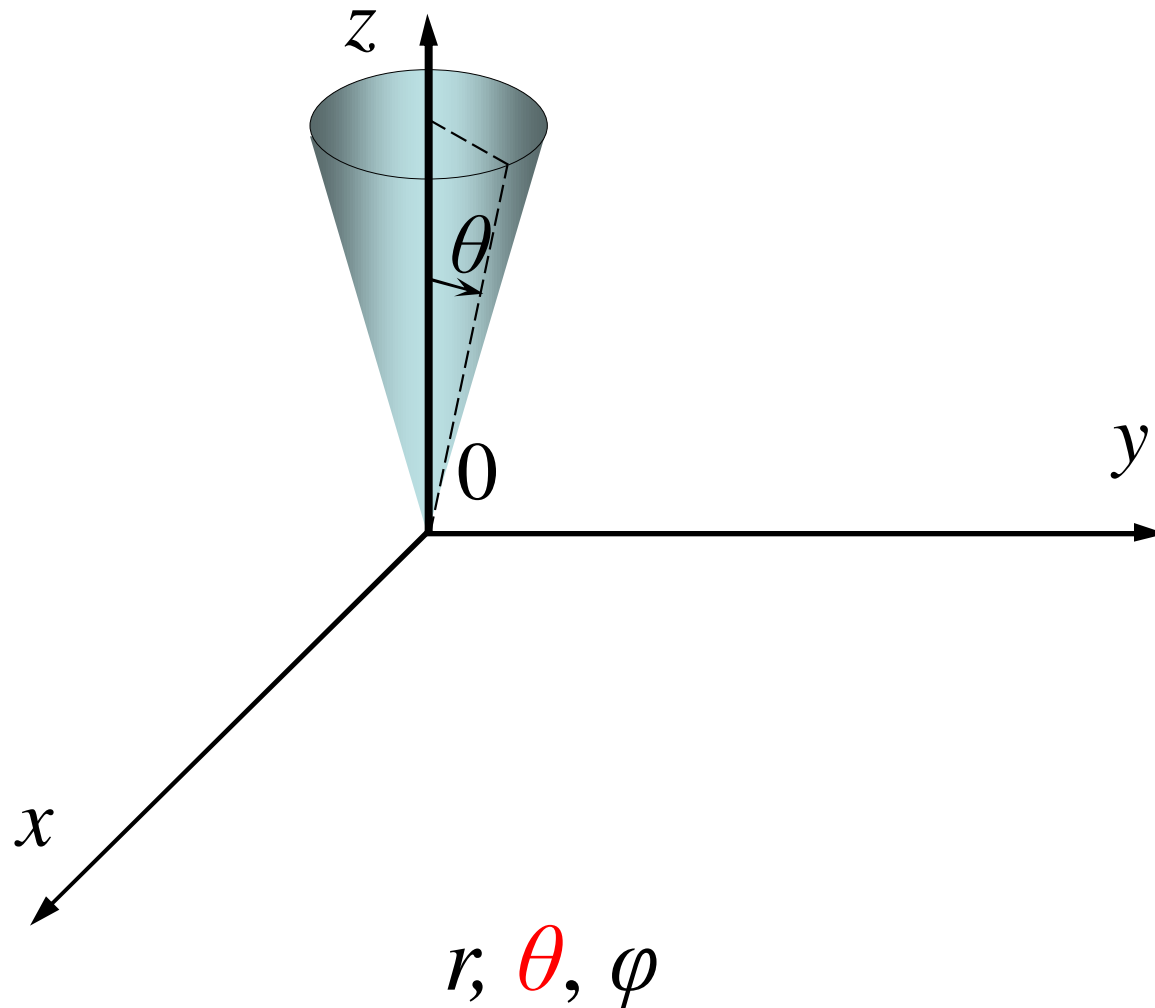
Giải tích véctor

1. Vô hướng & véctor
2. Hệ tọa độ Descartes
3. Tích vô hướng & tích hữu hướng
4. Hệ tọa độ trụ tròn
- 5. Hệ tọa độ cầu**

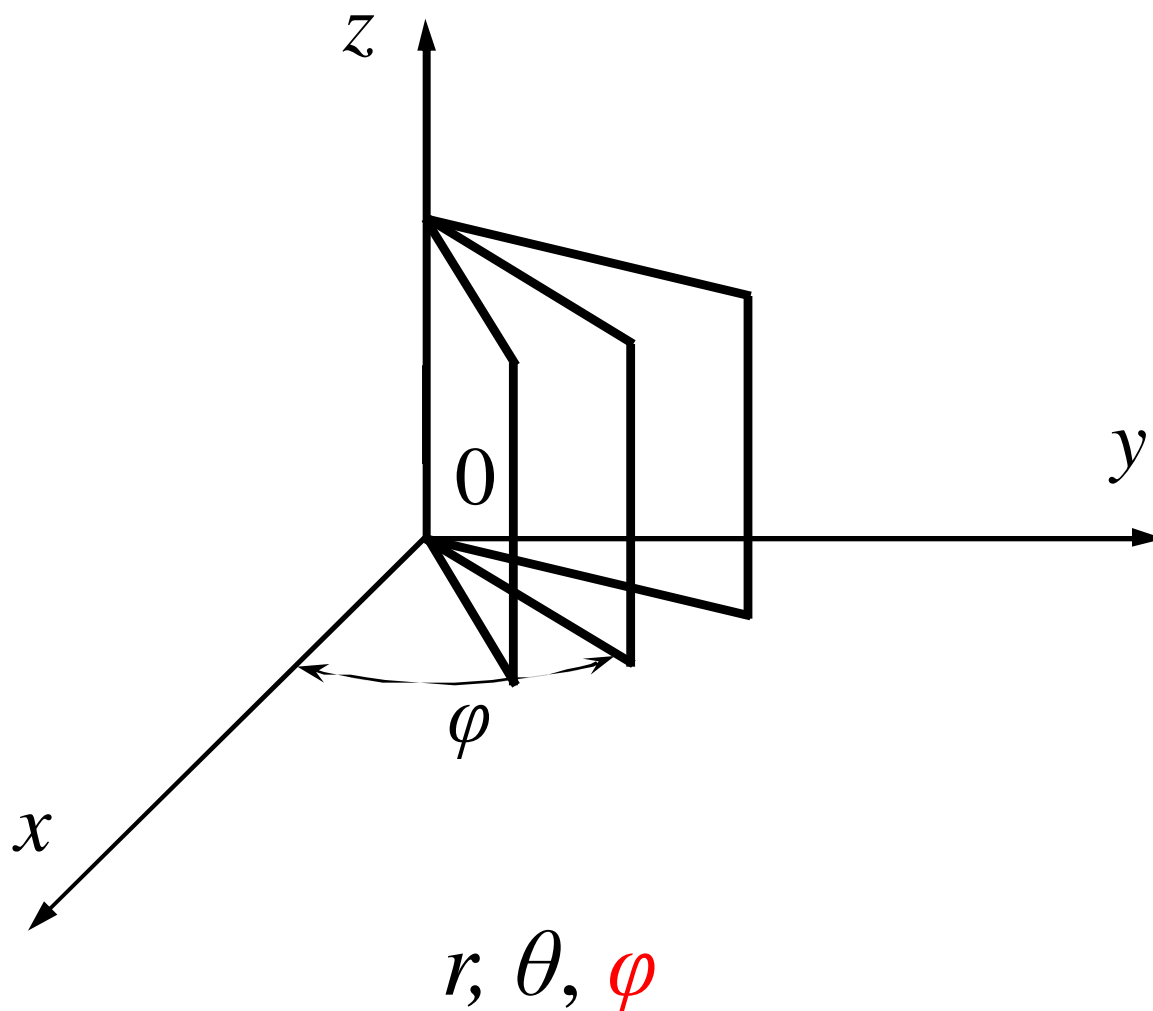
Hệ tọa độ cầu (1)



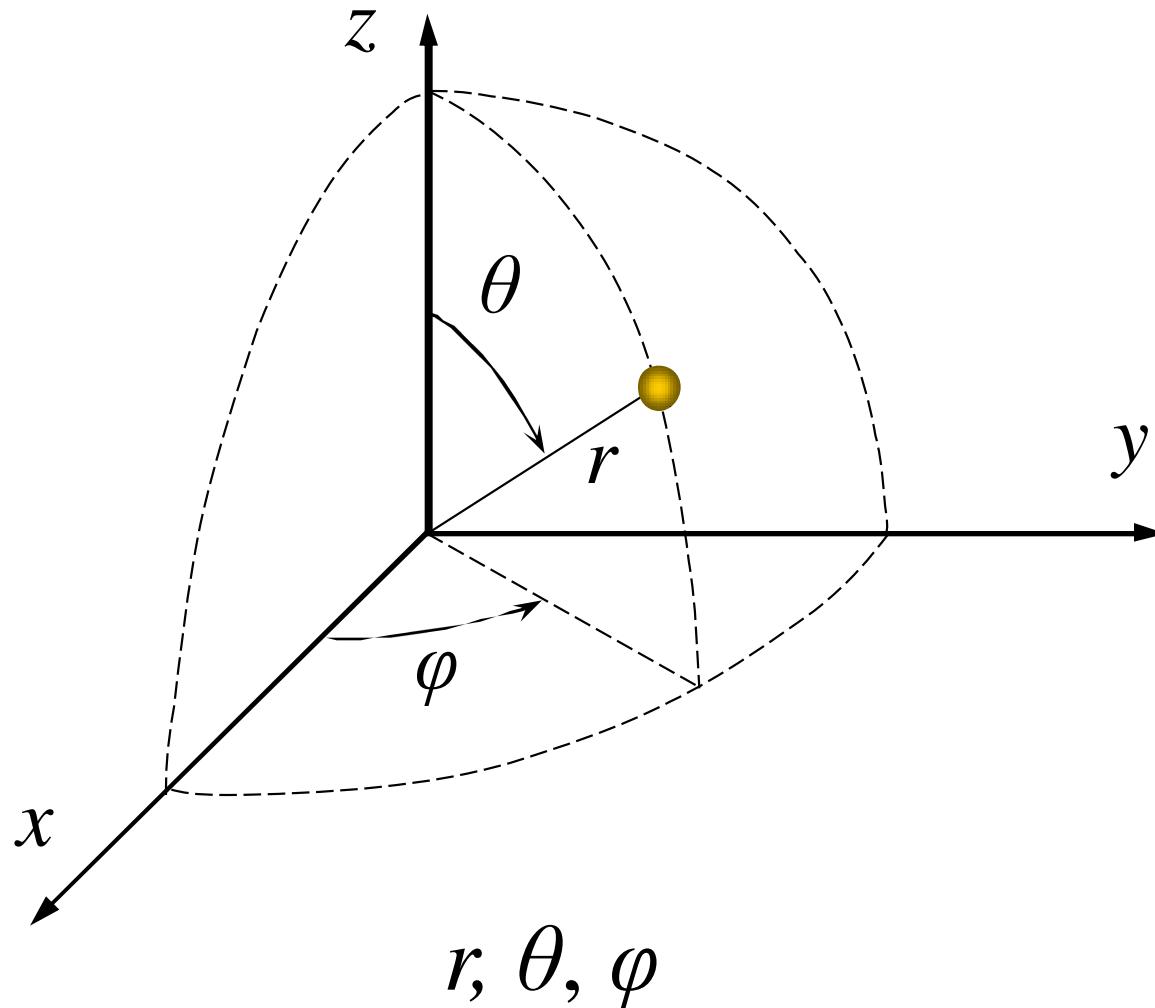
Hệ tọa độ cầu (1)



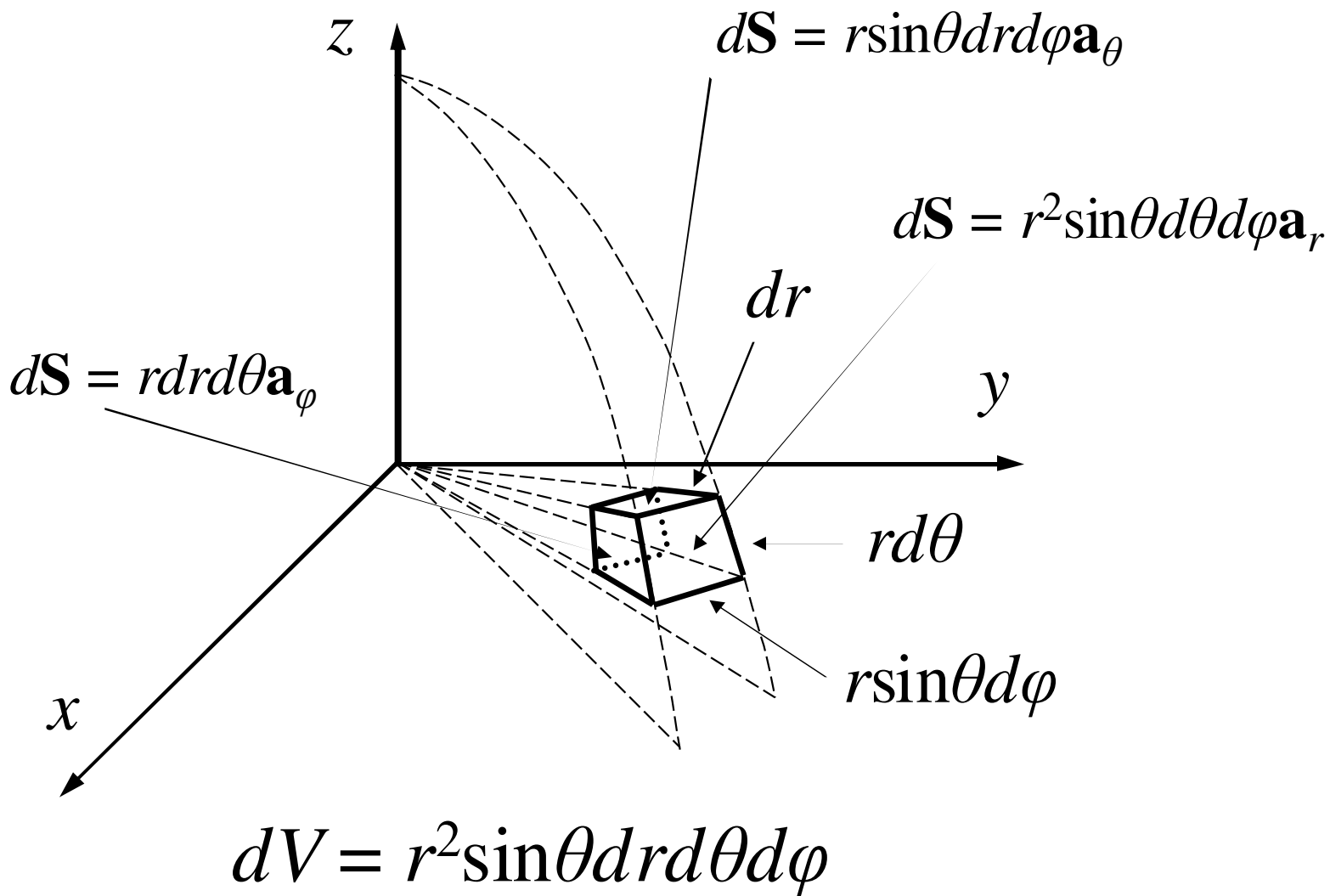
Hệ tọa độ cầu (1)



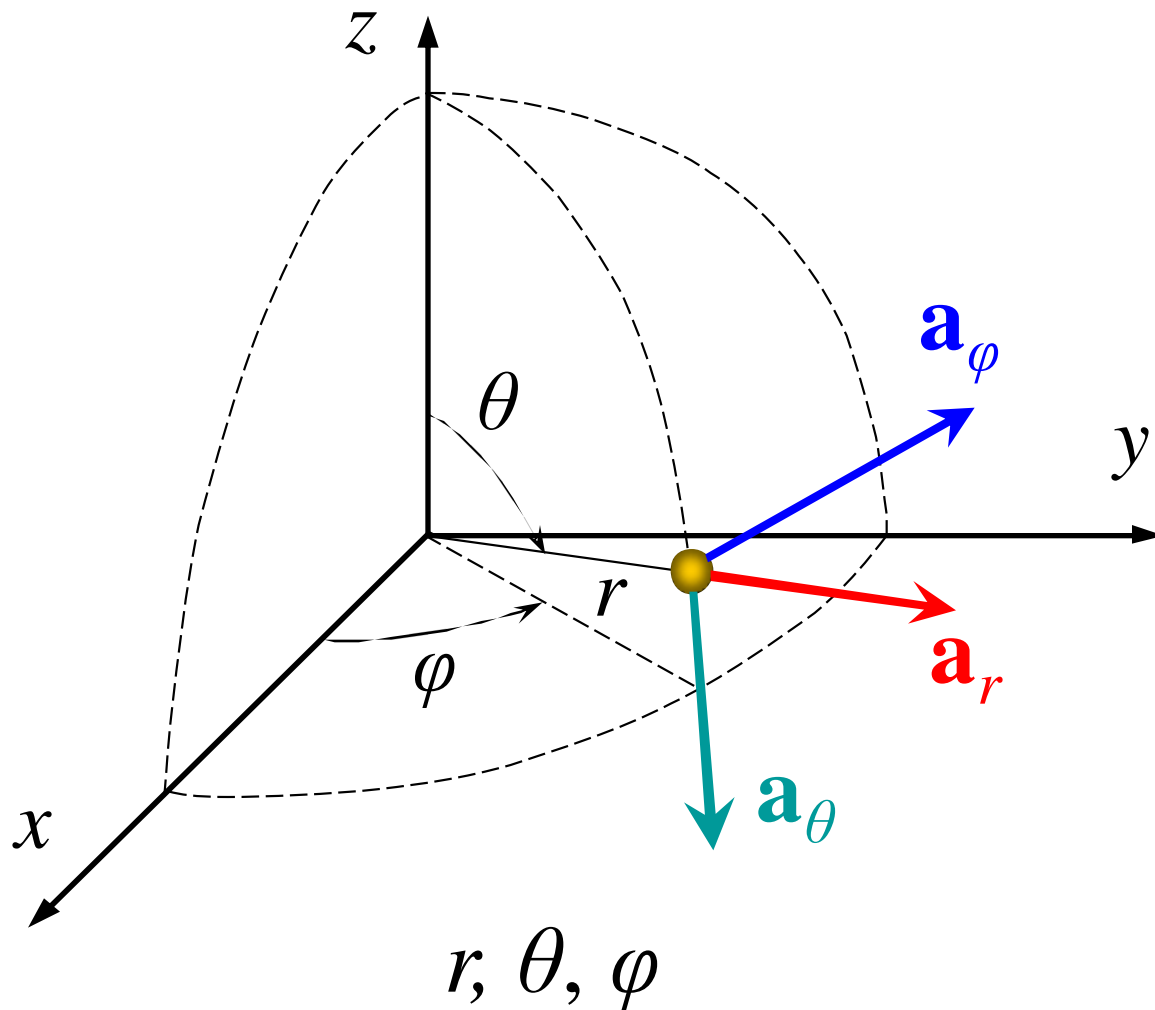
Hệ tọa độ cầu (2)



Hệ tọa độ cầu (3)



Hệ tọa độ cầu (4)



$$\mathbf{a}_r \cdot \mathbf{a}_\theta = 0$$

$$\mathbf{a}_r \cdot \mathbf{a}_r = 1$$

$$\mathbf{a}_r \times \mathbf{a}_r = 0$$

$$\mathbf{a}_r \times \mathbf{a}_\theta = \mathbf{a}_\varphi$$

DESCARTES	TRỤ TRÒN	CẦU
x	$\rho \cos \varphi$	$r \sin \theta \cos \varphi$
y	$\rho \sin \varphi$	$r \sin \theta \sin \varphi$
z	z	$r \cos \theta$
TRỤ TRÒN	DESCARTES	CẦU
ρ	$\sqrt{x^2 + y^2}$	$r \sin \theta$
φ	$\text{atan}(y / x)$	φ
z	z	$r \cos \theta$
CẦU	DESCARTES	TRỤ TRÒN
r	$\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$	$\sqrt{\rho^2 + z^2}$
θ	$\text{acos}(z / \sqrt{x^2 + y^2 + z^2})$	$\text{acos}(z / \sqrt{\rho^2 + z^2})$
φ	$\text{acot}(x / y)$	φ